

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
ZUR AUFBEREITUNG, DESINFEKTION UND
FÜLLUNG VON WURZELKANÄLEN MIT
ULTRASCHALLBETRIEBENEN INSTRUMENTEN

von
Sibylle Berger, geb. Rüh
aus
Dresden



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546212_0002

Aus der Klinik und Poliklinik für Kieferchirurgie
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. Dr. Steinhäuser

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN
ZUR AUFBEREITUNG, DESINFEKTION UND
FÜLLUNG VON WURZELKANÄLEN MIT
ULTRASCHALLBETRIEBENEN INSTRUMENTEN

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich - Alexander - Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Sibylle Berger, geb. Rüth
aus
Dresden

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten
Referent: Priv.-Doz. Dr.Dr. H.H. Lindorf
Korreferent: Prof. Dr.Dr. E. Steinhäuser
Tag der mündlichen Prüfung: 03.08.1981

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
<u>1. Einleitung</u>	1
1.1. Ziel dieser Arbeit	1
1.2. Problematik der Wurzelaufbereitung	1
1.2.1. Historischer Überblick	1
1.2.2. Heutiger Stand der Wurzelaufbereitung	4
1.2.3. Die Wurzelaufbereitung mit Ultraschall	5
1.3. Heutiger Stand der Wurzelfüllung	8
1.4. Ultraschall und Zahnmedizin	12
1.4.1. physikalische Grundlagen	12
1.4.2. biologische und biochemische Auswirkungen	15
1.4.3. spezielle Wirkungen des Ultraschalles am Zahn	18
1.4.4. bereits praktizierte Anwendung des Ultra- schalles in der Zahnmedizin	20
 <u>2. Geräte und Material</u>	 23
2.1. Verwendete Geräte	23
2.1.1. Ultraschallgerät	23
2.1.2. Rasterelektronenmikroskop und Zubehör	32
2.2. Lösungen und andere Materialien	33
2.2.1. Desinfektionsmittel	33
2.2.2. Füllmaterialien	34
2.2.3. Einbettungswachs	34
2.2.4. Boullion	34
2.2.5. Agarplatten	35
 <u>3. Versuchsausführung</u>	 35
3.1. Vergleich der manuellen mit der Ultraschall- aufbereitung des Wurzelkanales im Raster- elektronenmikroskop (REM)	35
3.2. Nachweis der wichtigsten Zahnkeime	36
3.3. Qualitativer Keimnachweis nach konservativer und Aufbereitung mit Ultraschall, in	

	<u>Seite</u>
Kombination mit Desinfektionsmitteln (NaOCl, CHKM, Salvizol).	36
3.4. Quantitativer Keimnachweis nach konservativer und Aufbereitung mit Ultraschall, teilweise mit Desinfektions- mitteln	37
3.5. Wurzelfüllung mit Ultraschall (modifizierte Albrecht'sche Wurzel- füllung, Diaket und AH 26)	39
4. <u>Versuchsergebnisse</u>	42
5. <u>Diskussion der Ergebnisse</u>	66
6. <u>Zusammenfassung</u>	71
7. <u>Literaturverzeichnis</u>	73

1. Einleitung

1.1. Ziel dieser Arbeit

An eine erfolgreiche endodontische Therapie werden folgende Kriterien gestellt (89): 1. Schmerzfreiheit und Funktionstüchtigkeit des Zahnes. 2. Im Anschluß an die Behandlung darf sich im Röntgenbild keine Veränderung des Desmodontalspaltes zeigen, die auf ein pathologisches Geschehen im periapikalen Raum deuten läßt. 3. Durch Einführung wissenschaftlich exakt erfaßbarer Kriterien, wie z.B. das histologische Ergebnis zur Beurteilung des Therapieerfolges, wird die Pulpen- und Wurzelbehandlung unter analogen Bedingungen wie jede andere Therapie im Organismus beurteilt. 4. Der "wurzelbehandelte Zahn" darf nicht zum Ausgangsort von Sekundärerkrankungen im Organismus werden. Die klinische Erfahrung zeigt, daß Kompromisse bei der Endodontie nicht zu umgehen sind, um Beschwerdefreiheit und Funktionstüchtigkeit des Zahnes und damit des Gebisses zu gewährleisten. Gerade in den letzten 20 Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen vorgenommen, die dazu beitragen sollen, die Kompromißbereitschaft in der Therapieplanung mit dem Ziel der Zahnerhaltung weiter herabzusetzen. Dieses Ziel wird auch in der vorliegenden Arbeit verfolgt. Es soll herausgefunden werden, inwieweit es mit Hilfe des Ultraschalles möglich ist, eine quantitativ und qualitativ meßbare bessere Zahnkanalaufbereitung, Desinfektion und Zahnkanalfüllung zu erreichen.

1.2. Problematik der Wurzelaufbereitung

1.2.1. Historischer Überblick

Bemühungen zur Zahnaufbereitung gehen praktisch bis in die babylonische Zeit zurück. Seitdem

existiert die sogenannte "Zahnwurm-Theorie". Der "Zahnwurm" verursacht Schmerzen und verändert die Zahnstruktur (7,27). Diese Theorie wurde erst durch Anton Leeuwenhoek, dem Vater der modernen Mikroskopie, 1700 widerlegt (139). Als Begründer der modernen Zahnheilkunde ist Pierre Fauchard zu bezeichnen. 1728 beschreibt er die Eröffnung des Zahnkanals zur Abszessbehandlung. Der Zahnkanal wurde 2-3 Monate offengelassen und mit einer Bleifolie gefüllt. Dann erfolgte die Pulpenextraktion, sowie die Behandlung der tiefen Caries mit Nelken- oder Zimtöl, das gelegentlich zur Schmerzbekämpfung mit Opium versetzt wurde (29). Woofendale kauterisierte 1766 mit einem heißen Instrument (3,43). Longbothom führte 1802 eine Wurzelfüllung "in situ" durch, um eine Extraktion zu vermeiden. Weitere praktische Ausführungen erfolgten durch Hudson 1809, der speziell auf die Bedeutung der Erhaltung des natürlichen Zahnes hinwies (116). Zu einer wesentlichen Erkenntnis kam 1805 Gariot, wonach die Destruktion der Pulpa die Lebensfähigkeit des Zahnes nicht verändert (32). Spooner devitalisiert die Pulpa 1836 mit Arseniktrioxyd (3), wodurch allerdings periapikales Gewebe zerstört wird (58,100). Maynard verwendet 1838 erstmals Feilen zur Aufbereitung des Wurzelkanals. 1867 führt Lister Carbonsäure als Antiseptikum ein (7). Im gleichen Jahr weisen Leber und Rottenstein einen Mundkeim (*Leptothrix buccalis*) nach, der auf der Zahnoberfläche und in Zahnkanälchen lebt und eine Gangrän verursachen kann (47). 1873 verwendete Witzel Phenol und unabhängig davon Keyes Jodoform zur Sterilisierung des Wurzelkanals (23,134). Der historische Ruhm für Witzel besteht unter anderem darin, daß er als erster 1847 eine vitale Pulpotomie beschrieb. 1867 versuchte Magitot die elektrische Sterilisation der Pulpa (134).

1878 entdeckte Roger pathogene Keime als Hauptursache von Pulpenerkrankungen (7,27). 1882 wendete Underwood antiseptische Mittel in der Pulpa zur Bekämpfung von Pulpenerkrankungen durch Ausschaltung der pathogenen Keime an. Es begann die Ära der bakteriziden Mittel (32). 1883 verwendet Mills Holzstifte zur Pulpenextraktion mit anschließender Desinfektion (3). In kurzen Zeitabständen wurden immer neue Mittel eingeführt: 1883 Chloroform und Gutta-percha-Chloropercha zur Kanalobturation; 1884 durch Richmond Phenol und Jodine zur Desinfektion sowie Kanalfüllung mit antiseptischen Zement (20); 1885 führt Lepkowski Formalin zur Behandlung des Pulpenerstes ein; 1890 Einführung von Kupfer als Füllmaterial durch Gramm, später mit Goldüberzug (159); 1891 Einführung von Chlorophenol durch Walkoff; 1894 wendet Wessler "pulpol" an, eine Mischung von Nelkenöl zu 80-90% Eugenol und Zinkoxyd (46). 1899 erscheint eine Publikation von Gyrsi über "Triopaste", eine Cresol-Formalin-Mischung mit dem Hauptbestandteil Formaldehyd (22). Bis 1910 trat nach einigen Mißerfolgen eine Stagnation der Entwicklung ein (7, 81, 109, 113) bis Callahan 1911 die Sosin-Chloroform-Technik zur Wurzelaufbereitung einführte (17, 61, 126). Grove (61) fand 1914 heraus, daß Formocresol und Formalin entzündliche Vorgänge im Periodontalligament, Na-K-Verbindungen Nekrosen und milde Antiseptika keine Veränderungen hervorrufen (159). 1917 empfahl Howe Silbernitrat und Ammonium in 25 %iger Formalinlösung zur Kanaldesinfektion (3). 1920 führte Hermann das Calxyl - ein Calcium-Hydroxyd-Gemisch - zur Wurzelfüllung ein. Seiner Meinung nach bildet eine mit Calxyl gefüllte Wurzel Sekundärdentin (84). 1928 benutzte Walkoff eine resorbierbare Paste aus Chlorophenolcamphormenthol und Jodoform zur Kanalfüllung,

ohne daß Gewebereaktionen auftraten und trotzdem eine langanhaltende antiseptische Wirkung nachweisbar war (7). 1933 verwendet Jasper Silberstifte, die den gleichen Durchmesser haben wie die aufbereiteten Kanäle, zusätzlich einen Neobalsam-Zement (3). 1929 untersucht Balint Orban die Heilkraft der Pulpa, die die gleichen aktiven Schutzsubstanzen enthält wie anderes Bindegewebe. Diese Theorie wird 1937 von Logan und 1938 von Zander unterstützt. Sie fanden eine komplette Heilung mit Wachstum von Odontoplasten nach vitaler Pulpenamputation und Füllung mit Calciumhydroxyd (23, 43, 149). 1941 bzw. 1944 wurde von Adams Sulfonamide bzw. Penicillin zur antibakteriellen Behandlung des Wurzelkanals angewendet. 1953 betont Auerbach die Bedeutung der mechanischen Säuberung des Wurzelkanals in Vorbereitung auf die Füllung. 1959 wird von Sargenti und Richter ein pastenförmiges Wurzelfüllmaterial N_2 , dessen genaue Zusammensetzung von Sargenti nicht veröffentlicht wurde, mit ungewöhnlichen antiseptischen Eigenschaften eingeführt (59, 118). Damit erfolgte die Überleitung zum heutigen Stand der Wurzelaufbereitung und -füllung.

1.2.2. Heutiger Stand der Wurzelaufbereitung

Das Literaturangebot zu diesem Thema ist infolge der großen Fülle unübersichtlich. Hier sollen nur einige wesentliche Fakten angeführt werden, um einen Überblick über den derzeitigen Stand der Wurzel aufbereitung, insbesondere im Zusammenhang mit der Verwendung von Ultraschall, zu erhalten. Damit soll zu einer Teilaufgabenstellung dieser Arbeit hingeführt werden.

Zum Grundlagenstudium wurden folgende Monografien

und Übersichten herangezogen: A.Schroeder - Endodontie (143), K.Redtenbacher - Wurzelbehandlung vitaler und gangränöser Zähne (137), Y.Shoji - Systematische Endodontie (146), W.Ketterl - Die Pulpen- und Wurzelbehandlung (89) und andere.

Die Wurzelkanalsäuberung und -aufbereitung sind die wirkungsvollsten Maßnahmen zur Ausschaltung der von infizierten Wurzelkanälen ausgehenden Reizfaktoren. Je vollkommener diese gelingen, umso günstiger sind die Voraussetzungen für die Erhaltung des Zahnes (40,41,44,45,48,52,67,70,120). In Kombination mit Wurzelkanalspülungen ermöglicht die mechanische Kanalsäuberung nicht nur die bestmögliche Entfernung der Gewebszerfallsprodukte, sondern auch die effektivste Reduktion der Mikroorganismen (2, 112, 130). Besonders wichtig ist die gleichzeitige Dentinbehandlung, da das Kanalwanddentin zumindest oberflächlich obligat infiziert ist (67, 102). Darüber hinaus wird eine ausreichende Kanalerweiterung geschaffen, die Voraussetzung ist für die optimale Füllung und damit einem hermetischen Abschluß bzw. Verschuß des Wurzelkanalsystems. Nischen und Buchten müssen eingeebnet, die Kanalwandflächen glatt und nicht aufgeraut sein. Bei rauher Kanalwand sind die Spaltbildungen zwischen Füllungsmaterialien und Dentin stets größer als bei glattwandigen Kanälen.

1.2.3. Die Wurzelaufbereitung mit Ultraschall

Martin, Norris und Cotton (107) berichten 1980 in einer quantitativen Studie über die Dentinentfernung mit Hilfe ultraschallschwingender Sonden und per Hand. Nachdem eine ganze Reihe von Autoren zur Problematik der Säuberung des Wurzelkanales mit herkömmlichen Methoden und Ultraschall Stellung genommen hat, ohne

jedoch quantitative Untersuchungen vorzunehmen (24, 48, 65, 79, 82, 85, 98, 101, 110, 123, 124, 131, 138), gelang Martin mit Hilfe der gravimetrischen und fotografischen Überlagerungstechnik eindeutig der Beweis der größeren Effizienz des Ultraschalles gegenüber der herkömmlichen manuellen Aufbereitung. Dazu kommt, daß mit Ultraschall weniger Kraft aufgewendet werden muß und damit die Traumatisation des Zahnes wesentlich geringer ist (141).

Weitere Untersuchungen von Peacocke (128) bestätigen, daß eigentlich nur mit Ultraschall alle Gewebsreste, besonders aus den feinsten Seitenkanälchen und Ramifikationen, entfernt werden können. Zusätzlich tritt ein stimulierender Effekt auf die Geweberegeneration im periapikalen Bereich auf (34).

Die entstehende Wärme ist gering und hält sich in therapeutischen Grenzen (99). Gesunde Zellen werden innerhalb einer 15-minütigen Beschallung bei Niederfrequenzen von 25-28 KHz und etwa 25 µm nicht angegriffen.

Das Vorgehen bei der mechanischen Aufbereitung wird in zahllosen Veröffentlichungen bis in alle Einzelheiten beschrieben und diskutiert und soll hier nicht näher beschrieben werden. Nossek (119) untersuchte 1971 die Brauchbarkeit des niederfrequenten Ultraschalles zur Wurzelkanalaufbereitung. Er verwendete das "Cavitron 600" mit 25 KHz mit einem Handstück, das den magnetostriktiven Schwinger beherbergt. Es ist mit einem besonderem Endodontieeinsatz versehen, in dem sich verschiedene Kanalinstrumente festklemmen lassen. Seine Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden: Das Verfahren stellt eine gewisse Erleichterung gegenüber den üblichen Verfahren dar.

Die Aufbereitung verläuft schnell und mühelos. Eingearbeitete Rillen müssen nachgearbeitet werden. Der Verschleiß an Instrumenten ist höher als bei den maschinellen Verfahren, es besteht erhöhte Bruchgefahr für die Instrumente. Eine vollständige Tiefenaufbereitung nicht durchgängiger Kanäle wird durch die Ultraschallschwingungen nicht erreicht. Die starke Wärmeentwicklung im Wurzelkanal stellt die Anwendung dieser Methode bei der Vitalexstirpation in Frage. Bei der Aufbereitung infizierter Wurzelkanäle dagegen kann die Temperaturerhöhung, besonders bei der Kombination mit Desinfektionsmitteln von Vorteil sein. Durch Verbesserung der technischen Möglichkeiten und der inzwischen gewachsenen Kenntnisse über die Anwendung des Ultraschalles konnten die von Nossek beschriebenen Nachteile weitgehend beseitigt werden.

Von entscheidender Bedeutung ist die bakterizide Wirkung der Ultraschallschwingungen, die oben schon erwähnt wurde (12, 37, 38, 39, 97, 156). In diesem Zusammenhang ergibt sich eine wichtige Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit - die quantitative Auswertung der bakteriziden Wirkung des Ultraschalles bei der Zahnkanalaufbereitung, wobei der Ultraschall teilweise kombiniert mit einer bakteriziden Lösung angewendet wird. Aus der Literatur ist die bakterizide Wirkung zahlreicher Lösungen bekannt (5, 12, 38, 49, 56, 81, 97, 104, 105, 145, 157). Vorwiegend kommen folgende Mittel zur Anwendung: Chelationen (135), Natriumhypochlorid als 5 %ige Lösung und 1,5-Glutardialdehyd (106), Chlorphenol, Glutardialdehyd, Kreosot, N2-Medical liquid und Fokaldry EO 84 (11) u.a.

1.3. Heutiger Stand der Wurzelfüllung

Das Literaturangebot ist auch hier sehr groß. Es soll deshalb wiederum auf die wichtigsten Veröffentlichungen eingegangen werden, die den gegenwärtigen Stand der Wurzelfüllung darlegen und zur Erklärung einer weiteren Aufgabenstellung dieser Arbeit führen.

Cserneyi (30) hat schon vor Jahrzehnten vorgeschlagen, den Wurzelkanal weder mit antiseptischen Pasten, noch mit indifferenten Materialien auszufüllen, sondern nach Pulpaexstirpation einfach leer zu lassen und nur das Pulpakavum bakteriendicht zu verschließen. Diese Idee wurde von Gall (54) nachgeprüft. Erstaunlicherweise fand er bei 70 % seiner Fälle histologisch einwandfreie Verhältnisse im Periapex, riet aber aus rein praktischen Erwägungen (Problem der Asepsis und des bakteriendichten Kavitätenverschlusses) vom Verzicht auf eine Wurzelfüllung ab (zitiert bei 143). Die Diskussion drehte sich seither ständig nur um die Frage, ob die Wurzelfüllung einen antibakteriellen Dauereffekt haben soll oder ob ihr nur die Rolle zukommt, die Wurzel in einen soliden Körper zu verwandeln, aus dem kein schädigendes Agens mehr ins Parodont abgegeben werden kann (1, 15, 36, 57, 62, 94, 114, 133, 144). Schroeder (143) stellt an die Wurzelfüllung folgende Anforderungen: 1) sie muß bakteriendicht abschließen gegenüber Periapex, Kanalwand und Außenwelt und 2) darf sie auf das lebende Gewebe keinen Dauerreiz ausüben; 3) die Abbindung muß kontraktionslos und darf nicht unter Expansion erfolgen; 4) das Füllmaterial muß steril sein, evtl. mit antiseptischer Wirkung während der Abbindungsphase; 5) es muß röntgenkontrastgebend sein; 6) es soll homogen sein und 7) darf in Gewebsflüssigkeit nicht löslich bzw. resorbierbar sein. Schließlich

sollte weder das Einführen noch das eventuelle Entfernen einer Wurzelfüllung technisch schwierig sein oder einen übergroßen Zeitaufwand erfordern. Kröncke (96) fordert zusätzlich eine dauerantiseptische Wirkung. Grossmann (60) überprüfte 11 Wurzelkanalzemente mit Hilfe der Agar-Diffusionsmethode auf ihre antibakterielle Wirkung. Die Paraformaldehyd enthaltenden Zemente waren antibakteriell aktiver. Die Aktivität ließ aber mit der Zeit nach und nach 7-10 Tagen waren die Hemmhöfe gleich.

Die Ansicht, dem Wurzelzement ein antibakterielles Mittel beizugeben, wurde widerlegt. Das Mittel müßte flüssig sein, um überall hinzugelangen. Flüssiges Mittel dichtet aber nicht richtig ab, wodurch die Gefahr der Reinfektion gegeben ist (10, 69, 77, 104, 170). Hill und Boster (77) empfehlen Phenyl-Quecksilber-Nitrat als Zementzusatz. Bössmann (11) führt eine Reihe von Wurzelfüllpasten an: Nebacetin-Paste, Calxyl, Jodoform, Diaket, Dontisolon, Aphtol, Ledermix, N2 und Endomethasone. Obwohl es einige Befürworter für die Anwendung von Wurzelfüllpaste gibt (18, 74, 76, 164), sprechen etliche Fakten auch wieder dagegen. Heinemann (73) spricht von einer Gewebsschädigung, Matter (108) wies nach, daß die Pasten nicht immer nur aktiv resorbiert, sondern durch seröse Flüssigkeit aus dem periapikalen Entzündungsherd ausgelaugt werden. Zwischen Paste und Gewebe findet sich somit ein mit Gewebs- oder Blutflüssigkeit gefüllter Raum, ein idealer Nährboden für Mikroorganismen (143). Da die Pasten eintrocknen und nicht mehr wandständig sind, ist leicht auch eine Reinfektion von koronal oder höher gelegenen Seitenkanälen her möglich. Die Pastenwurzelfüllung ist demzufolge etwas Unstables, Unsicheres. Der Anfangserfolg tritt zwar fast immer ein, der Dauererfolg hingegen ist in Frage gestellt (143).

N2 zum Beispiel führt im Apexbereich zu einem massiven entzündlichen Infiltrat mit erweiterten Gefäßen und zu Resorptionerscheinungen (9, 14, 78). Klaiber (90) stellte bei Toxizitätsbestimmungen von 9 Wurzelfüllpasten wiederum fest, daß für das Gelingen einer Wurzelfüllung viele Faktoren eine Rolle spielen. N2 zeigte gute klinische Ergebnisse bei schlechtem histologischem Befund. Auch andere Autoren berichten über negative Erscheinungen bei der Anwendung von N2 (13, 66, 88, 111, 118, 136, 148). Younis (170) verglich Diaket, Tubliseal und N2 jeweils in Anwendung mit Guttapercha. Diaket und Tubliseal zeigten nach 3 Wochen keine, N2 bereits nach 2 Tagen eine Spaltbildung. Die Spaltbildungen wurden mit Isotopen nachgewiesen (87, 129, 169). Klaiber wies mit seinen Untersuchungen nach, daß Diaket, AH 26 und Hermetik eine große toxische und Aphtol-Zn-Harz, N2 und Endomethasone eine geringere toxische Wirkung haben. (x) Die besten Eigenschaften zeigte GAP-Paste auf Ca-Hydroxyd-Basis. Dietz (33), der das Präparat entwickelt hat, fand bei der Behandlung der chronischen apikalen Parodontitis durch Überstopfen mit GAP eine 93 %ige klinische Erfolgsrate, allerdings ohne histologische Bestätigung. Crane und Mitarbeiter (25) überprüften die physikalischen und biologischen Eigenschaften experimentell angewandter Wurzelfüllmaterialien mit und ohne Eugenol. Untersuchte Kriterien waren die Verarbeitbarkeit, Abbindezeit und Fließrate, die Filmdicke, Röntgen-Sichtbarkeit, Stabilität (einschließlich

x) Klaiber: Toxizitätsbestimmungen von Wurzelfüllmaterialien und deren einzelnen Komponenten in der Zellkultur. Vortrag, 8. Jahrestagung der Dt. Gesellschaft für Zahnerhaltung Nov. 1980 in Bochum.

Lösbarkeit und Absorption von Flüssigkeiten) und Abdichteigenschaften. Sie wendeten dabei Durchdringungsversuche mit Isotopen und elektronenmikroskopische Verfahren an und fanden heraus, daß, je mehr freies Eugenol vorhanden ist, umso härter frisches Dentin wurde, umso größer die Zytotoxizität und die antigenen Eigenschaften waren und sich im apikalen Gewebe Nekrosen bildeten, die später zu chronischen Entzündungsgeweben umgewandelt wurden. Sie schlußfolgerten, je eher ein Füllmaterial abbindet oder klinisch fest wird, desto größer ist die Gewebeverträglichkeit. Substanzen mit Eugenol, Formolcresol und Paraformaldehyd erhöhen Blut- und Gewebstitter von Antikörpern infolge ihres antigenen Potentials. Deshalb soll die Kontaktfläche des Füllmaterials mit dem Weichgewebe möglichst klein sein (19, 21, 26, 64, 150, 152, 162).

Wie Shoji (146) und andere Untersucher nachwiesen, sind 50 % der Mißerfolge bei der Wurzelbehandlung auf unvollständige Füllung zurückzuführen. Andererseits, und wir können das bestätigen, zeigen Oberflächenstrukturen von Phosphatzementen im Raster-elektronenmikroskop ein Labyrinth von feinen Hohlräumen und deutliche Spaltbildungen zwischen Füllung und Kanalwand sowie zwischen Füllung und Guttapercha - bzw. Silberstift (28, 93, 117, 158).

In spaltförmige Kanalanteile, die mechanisch nicht oder nur unvollständig aufzubereiten sind, dringt Aethylharz-Chloropercha-Wurzelfüllpaste ebenso wie alle anderen untersuchten Wurzelfüllmaterialien nur unvollständig ein. Sie zeigt lockeres Gefüge und Spalträume innerhalb der Paste sowie zwischen Paste und Kanalwand (52). Hier findet sich ein Ansatzpunkt, die Wurzelfüllung mit Ultraschall durchzuführen. Außer

einigen Versuchen von Skinner (147), der Amalgam mit Ultraschall füllte, sind keine eingehenderen Untersuchungen, besonders mit Rasterelektronenmikroskop, bekannt. Es soll in der vorliegenden Arbeit also weiterhin versucht werden, mit Hilfe von Ultraschall eine bessere Wurzelfüllung zu erreichen in der Hoffnung, dem großen Ziel der Endodontie - die das Endodont in jedem Fall mit Sicherheit integral obliterierende Wurzelfüllung - näher zu kommen.

1.4. Ultraschall und Zahnmedizin

1.4.1. Physikalische Grundlagen

In den Arbeiten von R.Dengler (31) und U.Günther (63) vom Physik-Department der Technischen Universität München wurde die Anwendbarkeit des Ultraschalles bei der Wurzelbehandlung physikalisch geklärt. Alle Versuche wurden unter dem Aspekt der Anwendbarkeit der Versuchsergebnisse in der Zahnmedizin, speziell in der Endodontologie, durchgeführt.

Bei unseren Untersuchungen sind 3 physikalische Größen von Bedeutung und sollen deshalb kurz erörtert werden:

1) Frequenz

Nach der Formel $v = f \cdot \lambda$ ist die Frequenz f abhängig von der Schallgeschwindigkeit v und der Wellenlänge λ . (x)

2) Schallfeld

Darunter versteht man die Amplitudenverteilung innerhalb des Feldes, wobei man zwischen Nahfeld

- x) Für die Versuchsdurchführung wurden von der Firma Siemens eigens spezielle Ultraschallsonden angefertigt, die die Anwendung verschiedener Frequenzbereiche ermöglichen.

und Fernfeld differenziert. Die Grenze zwischen beiden ist dort anzugeben, wo die Schalldruckamplitude kontinuierlich abnimmt. Für unsere Untersuchung ist jedoch nur das Nahfeld von Bedeutung, in welchem die Schalldruckamplitude sehr stark schwankt. So zeigen sich Stellen, an denen gar kein Druck vorhanden ist, aber auch solche, an denen die Amplitude den doppelten Wert des Mittelwertes annimmt. Bemerkenswert ist, und das trifft besonders bei unserer Versuchsanordnung zu, daß derartige Schwankungen in der Nähe der Schwingungsfläche am dichtesten sind (8).

3) Schallintensität

Schallintensität entspricht Schallenergiedichte nach DIN 1320. Bei dieser physikalischen Größe, angegeben in W/cm^2 , also leistungbezogen auf die abstrahlende Fläche, ist von Bedeutung, ob die die Schallsonde verlassenden Schallwellen möglichst verlustlos, das heißt ohne Reflexion an dem Koppelmedium, an die Kanalwand gelangen können, da sich sonst die Intensität in Abhängigkeit von der Absorption vermindert.

Teilchen bis zu einem Durchmesser von 2 mm werden durch die Ultraschallschwingungen in der Flüssigkeit selbst in Schwingung versetzt, von den Wänden losgelöst und zerkleinert. Dieser Umstand findet Anwendung bei der Entfernung von Aufbereitungsrückständen, Blutteilchen und Nerven- und Gewebsresten aus dem geöffneten Wurzelkanal. Dabei kann eine keimtötende Flüssigkeit verwendet werden, die gleichzeitig als Koppelmedium dient. Durch das Eindringen von Ultraschallschwingungen werden die Kanalwände selbst zu Schwingungen angeregt, die nicht mehr nur longitudinal, wie in der Flüssigkeit erfolgen, sondern alle möglichen Schwingungsformen, die in Festkörpern möglich sind, annehmen können. Bei den verwendeten Intensitäten

der Schallwellen ergaben sich keine Gefahren für den menschlichen Organismus durch mögliche Schädigung von Gewebeschichten, Nerven oder Blutgefäßen. Die infolge einer gewissen Dispersion von Wellen auftretende Temperaturerhöhung macht sich nur etwa bis zu 2 mm vom Schallaustritt bemerkbar und kann vernachlässigt werden.

Der reinigende Effekt der Ultraschallwellen kann als Folge der Wechselwirkung zwischen Sog und Druck in der Flüssigkeit aufgefaßt werden. Der Sog beruht hauptsächlich auf der Sprühwirkung der Sonden und dem dadurch bedingten Nachströmen von Flüssigkeit. Der Wechseldruck bewirkt unter anderem eine Materialverdichtung, z.B. zum Füllen von Wurzelkanälen, auch wenn der technische Nachweis schwierig ist.

4) Die Kavitation

Einer der wichtigsten Effekte des Ultraschalles ist das Auftreten der Kavitation. Das Auftreten der Kavitation, insbesondere der Gasblasen - oder Pseudokavitation, bewirkt das Lossprengen lockerer Teilchen. Die Kavitation führt zu einer lokalisierten Flüssigkeitsbewegung (35, 92) mit bestimmten Geschwindigkeitsgradienten der umgebenden Oberfläche. In Suspension befindliche feste Partikel scheren ab und tendieren zur Rotation (160). Mikroskopisch kleine Teilchen, die sogenannten Kavitationskeime - Gasblasen oder Feststoffe - setzen die Kavitationsschwelle herab und ermöglichen die Dispergierung loser Teilchen in einer Flüssigkeit. Damit läßt sich z.B. ein Medikament in einer Flüssigkeit leichter lösen, bzw. in unzugängliche Stellen einbringen und mikroskopisch fein verteilen. Die Kavitation führt auch eine Entgasung der verwendeten Flüssigkeit herbei, was wiederum die Ultraschallausbreitung verstärkt, da beim Übergang von

Wasser zu Luft die Schallwelle total reflektiert wird. Die Intensität hängt also wesentlich von der Konzentration der in der Flüssigkeit vorhandenen Gasblasen ab. Da jede Zelle durch den Stoffwechselprozeß Gasteilchen enthält, kann die Kavitation eine Lösung und Vereinigung der Gasteilchen in der Zelle herbeiführen - dies führt zum Zerplatzen der Zelle. Damit läßt sich eine Abtötung von Bakterien und Viren erreichen.

1.4.2. Biologische und biochemische Auswirkungen

An anderer Stelle (97) wird auf die wichtigste Rolle des Ultraschalles bei biochemischen Mechanismen hingewiesen, die auf der Eigenschaft von Ultraschallwellen basieren, chemische Reaktionen zu beschleunigen. James (83) wies in diesem Zusammenhang pathologische Veränderungen in der Zelle, Oxydation und Degeneration großer Moleküle, Zunahme der Zellwandpermeabilität, steigende biochemische Aktivität von Enzymen bei geringer Intensität und Zerstörung bei höherer Intensität (über 8 W/cm^2) nach. Spranger (153) schreibt dem Ultraschall differenzierte chemische Wirkungen zu, die von Ionisation und Oxydation durch die elektrischen Wadladungen eines Kavitationsbläschens bis zu der Spaltung von Eiweißmolekülketten reichen und daher mannigfaltig das biochemische Milieu beeinflussen.

Hawley (71) konnte nach Ultraschalleinwirkung eine "molekulare Degradation" an der Zelle nachweisen. Es kommt an der DNS (Desoxyribonuclein-Säure) von *Bact. subtilis* bei hoher Intensität (30 W/cm^2) und hoher Frequenz (980 kHz) zur Ruptur chemischer Bindungen und damit zur Veränderung des DNS-Moleküls. Das führt zur permanenten Zerstörung, zum Tod oder zur Mutation der Zelle, wenn die veränderten Molekularfragmente wieder in DNS reinkorporiert werden. Die Folge sind genetische Veränderungen.

Mit der Zerstörung von Thymin durch Ultraschall bei 50 W/cm² und von Zytosin, Adenin und Guanin befaßten sich Vegotsky (163) und Elpiner (38). In einem anderen Zusammenhang (37) wies Elpiner Veränderungen an den oberflächlichen Schichten der Bakterienzelle nach, die zur Verschmälerung der Hülle, zur erhöhten Durchdringbarkeit der Wand und zur erhöhten Sensibilität der Zelle gegen Oxydiermittel führen. Letztere Erkenntnisse veranlaßten Theismann und Wollhäuser (161) zur Kombination des Ultraschalles mit UV-Strahlung, wobei ein höherer bakterizider Effekt zu erzielen ist.

Erste Beobachtungen über eine Zerstörung von Mikroorganismen durch Ultraschall machten 1927 Wood und Loomis (168), 1928 Harvey und Loomis (68) mit Leuchtbakterien (80, 86, 121, 122, 142) und 1930 Williams und Gaines (166), die eine Keimzahlverminderung bei Colibakterien nachweisen konnten.

Weitere Untersuchungen zum Einfluß des Ultraschalles auf Pflanzenzellen, Viren und Bakterien stammen von Bergmann (8). Sie erbrachten allerdings teilweise stark schwankende, sich widersprechende und nicht reproduzierbare Ergebnisse. Erst durch eingehende Kenntnisse des Schallfeldes waren frühere Fehlerquellen zu vermeiden (156).

Die Intensität der Beschallung wird durch die ab einer bestimmten Stärke an gesunde Zellen und härteste Materialien zerstörende Wirkung begrenzt. Unter ungünstigen Bedingungen kann es zu einer Schmerzsymptomatik am Zahn kommen, und zwar durch 1. Erregung lokalisierter Schwingungen innerhalb des Zahnes, z.B. durch partielle Entkalkung im Zahnschmelz, 2. Anregung eines Zahnes zu Eigenresonanzschwingungen mit Reizung der Nerven, des Zahnhalses und der umgebenden Gewebeschichten, 3. Über-

lagerung beider Effekte und 4. thermische Einflüsse.

In Abhängigkeit von der Beschallungsdauer, der Keim- und Stammart, der Intensität, der Wärmeempfindlichkeit und der zusätzlichen Einwirkung von Desinfektionsmitteln ist eine Schallempfindlichkeitsberechnung (tote Zellen/Min. in %) für die verschiedenen Keime möglich. Die Messung erfolgt unter reproduzierbaren Bedingungen in einer 0,9 %igen NaCl-Lösung bei 6,5 W/cm² und 800 kHz, jeweils 1 Minute lang. Für die wichtigsten Keimarten ergeben sich folgende Werte in tote Keime/Min. in %: Enterokokken - 0, Staphylokokken - 3, B.Coli III - 12, B.Coli II - 13, B.Coli I - 13, B.pyozyaneum - 14, B.Proteus H - 25 und B.Proteus OX 19 - 27. (156). Innerhalb einer Keimaufschwemmung gibt es keine Unterschiede in der Schallresistenz. Wie auch Günther (63) feststellen konnte, erfolgt die Abtötung hauptsächlich in der Grenzschicht Flüssigkeit/Luft, d.h., je gashaltiger eine Flüssigkeit ist, umso größer ist die Keimabtötung. Die Form der Bakterien und ihr Entwicklungsstadium sind von großer Bedeutung. Längliche Formen sind infolge der ständigen Druck- und Sogbeanspruchung und der damit verbundenen periodischen Dehnungs- und Spannungenkräfte wesentlich empfindlicher als runde (51). Ebenso sind asymmetrische Formen, wie z.B. in Teilung befindliche Partikel, größeren Spannungen ausgesetzt, wodurch ihre "Rupturschwelle" niedriger liegt. Die Wärmeentwicklung ist ohne Bedeutung auf diese Vorgänge. Barth (6) und Pohlmann (132) führen die bakterizide Wirkung des Ultraschalles auf eine unspezifische Reizwirkung auf das Gewebe zurück, die dann zu einer vermehrten Antikörperbildung Anlaß gibt.

- 1.4.3. Spezielle Wirkungen des Ultraschalles am Zahn
Ultraschall zeigt im therapeutischen zahnärztlichen Bereich bestimmte Wirkungen auf die Hartschmelzsubstanz und die Pulpa der behandelten Zähne und ihr Zahnbett (153).

1) Wirkung auf den Zahnschmelz

Der Zahnschmelzmantel trägt von der hämmernenden Instrumentenspitze feine Rillen davon. Er erfährt allerdings keine Auflockerung seines Gefüges, die mit einer Abnahme der Mikrohärtigkeit einhergeht. Weist seine Oberfläche jedoch partielle Entkalkungen auf, so werden diese zumeist entfernt. In meinen Versuchen erscheinen die partiellen Entkalkungen in den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen als sich verästelnde Schmelzsprünge, die bis zur Schmelz-Dentin-Grenze reichen können.

2) Wirkung auf das Zahnzement

Zahnzement wird durch Ultraschall entscheidend verändert. Die Bearbeitung mit geringer Vorschubkraft glättet die Wurzeloberfläche zum Teil, setzt aber auch geringe Schäden, wie sie von Handinstrumenten leicht hervorgerufen werden können (95). Man kann von einer "Anfrischung" des Wurzelzementes sprechen. Wird die Vorschubkraft über 200g erhöht, gibt sie der Arbeitsspitze eine schabende Wirkung. Dadurch können sowohl Zement, als auch zementnahes Dentin abgetragen werden.

3) Wirkung auf das Dentin

Die Ultraschallschwingungen finden im Dentin strukturell bedingte Ausbreitungsmöglichkeiten vor. Das Zahnbein wird von longitudinalen und auch transversalen Wellenkomponenten rhythmisch durchpulst. Eine quantitative Studie zur Dentinentfernung mit Hilfe der gravimetrischen und fotografischen Überlagerungs-

technik (107) brachte den Beweis, daß Ultraschall bessere Resultate bringt als die manuelle Instrumentation auf herkömmliche Weise (24, 52, 53, 65, 98, 101, 123).

4) Wirkung auf die Pulpa

(16, 50, 72, 91, 103, 106, 115, 172)

Die geringste gewebliche Antwort des Zahnmarkes ist die Hyperämie, die von der eingestrahnten und fortgeleiteten Energiedichte abhängig ist. Größte Bedeutung hat der Ultraschall bei der Zahnkanalaufbereitung, auf die oben schon eingegangen wurde. An der Odontoblastenschicht zeichnen sich zum Teil Veränderungen ab, die, je nach Energiedichte des Ultraschalles und der Reaktionslage des Gewebes durch kleine und große Vakuolen, aber in seltenen Fällen ebenfalls durch Gewebszerreißen ausgeprägt sein können.

5) Wirkung auf Gingiva und Zahnhalteapparat

Die Curettage mit dem "Cavitron"-Ultraschallgerät, das ursprünglich nur für Zahnsteinentfernung und Konkrementen an der Zahnoberfläche eingesetzt wurde, bewirkt eine weitgehende Entfernung des Taschenepithels. Die Therapeutische Wirksamkeit der "Beschallung" erstreckt sich aber auch auf die bindegeweblichen Anteile des Parodonts. Die therapeutische Dosis scheint weit unterhalb der schadenauslösenden zu liegen. So sind bisher keine negativen Auswirkungen der Ultraschallanwendung in diesem Bereich erfaßt worden (154).

6) Schmerzsymptome

Sie treten vor allem nur auf, wenn bei der therapeutischen Anwendung die Energiedichte des Ultraschalles über das ausreichend wirksame Maß hinausgeht. Die ursprünglichen

Faktoren der schmerzauslösenden Wirkungen des Ultraschalles am Zahn sind: 1. Die Erregung lokalisierter Schwingungen innerhalb des Zahnes; 2. die Anregung des Zahnes zu Eigenresonanzschwingungen; 3. die Überlagerung beider; 4. thermische Einflüsse.

1.4.4. Bereits praktizierte Anwendung von Ultraschall in der Zahnmedizin

Nachdem der französische Physiker Langevin 1917 zum ersten Male brauchbare Ultraschallwellen erzeugte und durch Pohlmann (132) 1938 die therapeutische Wirksamkeit hochfrequenter Ultraschallwellen mit geringer Intensität auf organische Gewebe entdeckt wurde, kam es erst viel später zur Anwendung des Ultraschalles im zahnärztlichen Bereich, 1955 berichtete Zinner (171) als erster über die Erfahrungen mit einem Ultraschallgerät zur Entfernung von Zahnstein und Konkrementen von der Zahnoberfläche. Seit-her sind zahlreiche Publikationen erschienen, die die Vorteile in der Handhabung und Wirkung der Ultraschallgeräte beleuchten (42, 138). Der Wirkungsmechanismus besteht einerseits darin, daß durch die direkte Berührung des Zahnsteines mit der Arbeitsspitze eine mechanische Hämmerung erfolgt, andererseits zwischen Sondenspitze und Zahn ein feiner Wasserscheier, in diesem wiederum ein Kavitationseffekt auftritt, der Zahnstein und Konkremente zerplatzen läßt.

Die Anwendung von Ultraschallbohrgeräten für zahnärztliche konservative Maßnahmen steht seit vielen Jahren zur Diskussion (153). Untersuchungen zur praktischen Anwendung wurden 1954 von Oman und Applebaum (125) und 1960 von v.Ardenne (4) veröffentlicht.

Kröncke (96) wendet Ultraschall mit Erfolg in der Parodontaltherapie zur Glättung und Politur der Wurzel-

oberfläche und zur Curettage der weichen Tascheninnenwand an. Nach Untersuchungen von Ewen (42) erstreckt sich die parodontaltherapeutische Wirkung des Ultraschalles auch auf die bindegeweblichen Anteile des Parodonts.

Die Ultraschallkanalaufbereitung war 1968 noch umstritten (140). Auf die inzwischen vorweisbaren Erfolge wurde hier schon eingegangen.

Ultraschall wurde von Skinner (147) zur Amalgamkondensierung verwendet. Er fand allerdings keine Unterschiede von klinischer Bedeutung im Vergleich zur handkondensierten Füllung.

In einer Veröffentlichung von Gierlich (55) wird auf ein Gerät hingewiesen, das hochfrequenten Ultraschall und diadynamische Ströme nach Bernard, sogenannte "Modulationen", kombiniert zum therapeutischen Einsatz bringt. Da außerdem dieses Gerät ("Sonodynator" Siemens) wahlweise Dauerschallstrahlung oder Impulsschall zur Verfügung stellt, ist die thermische Komponente des Ultraschalles je nach Indikationsstellung hervorzuheben oder zu vernachlässigen.

Untersuchungen von Spranger (153) haben ergeben, daß bei strenger Indikationsstellung folgende Erkrankungen wirkungsvoll beeinflusst werden können: Bei der Behandlung subperiostaler Infiltrationen mit kombiniertem Dauerschall und diadynamischen Strömen ist vor allem eine ausgeprägte analgetische Wirkung zu erzielen. Der massive Durchbruch des Infiltrates in das umgebende Weichgewebe wird anscheinend beschleunigt. Das klinische Bild der Kieferklemme kann durch die Anwendung von Dauerschall wesentlich abgeschwächt werden. Neuralgiforme Beschwerden, Neuritiden und

Neuralgien werden in streichender Applikation in der Verlaufsrichtung der Nervenäste beeinflusst. Ebenfalls eine Besserung erfahren regressive Parodontalerkrankungen.

Nicht zu vergessen ist die Anwendung des Ultraschalles zur Reinigung zahnärztlicher Instrumente (42, 155). Bei der "sonosynergistischen" Sterilisation wird die bakterizide Wirkung des Ultraschalles (6, 132) potenziert durch die Kombination mit bakteriziden Lösungen (97).

2. Geräte und Material

2.1. Verwendete Geräte

2.1.1. Das Ultraschallgerät

Die in der Praxis benutzten Ultraschallgeräte bestehen aus einem Generator, der eine Wechselspannung zwischen 20-80 kHz erzeugt, einem elektromechanischen Wandler, der die elektrische Energie in mechanische Schwingungen umsetzt und einem an den Wandler angekoppelten Werkzeug, das die Schwingungen in geeigneter Weise auf den Zahn überträgt.

Bei der mechanisch-elektrischen Rückkopplung werden in Umkehrung des piezoelektrischen Effekts mechanische Schwingungen in analoge elektrische Signale umgesetzt (Abb.1)

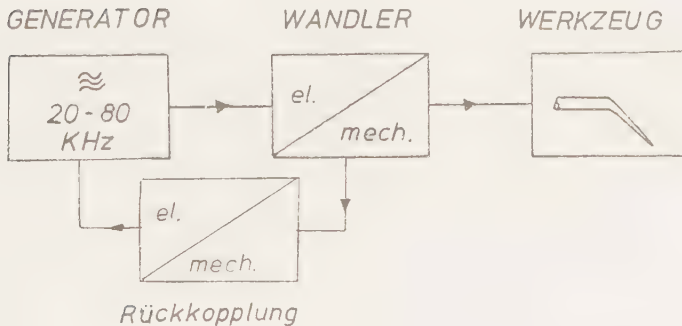


Abb. 1

Schematischer Aufbau des Ultraschallgerätes

Aus der Forderung nach einer ausreichenden Amplitude an der Arbeitsspitze folgt, daß die anregende Generatorfrequenz der Resonanzfrequenz des Gesamtsystems Wandler-Arbeitsspitze entspricht.

Ein dafür geeignetes Frequenznachführsystem wird in die Auswahl eines Prinzips für den elektromechanischen Wandler als wesentliches Kriterium eingehen. Ultraschall-Leistungswandler können mittels elektromechanisch aktiver Stoffe hergestellt werden, die sich dadurch auszeichnen, daß ein elektrisches bzw. magnetisches Feld eine mechanische Spannung und dabei eine Deformation verursacht. Unter den Stoffen, die im magnetischen Feld eine entsprechende magnetostriktive Deformation erfahren, ist Nickel das bekannteste und das zur Erzeugung von Ultraschallenergie am häufigsten verwendete Material. Durch Legierungszusätze können die magnetostriktiven Eigenschaften des Nickels noch verbessert werden.

Ähnlich dem Aufbau eines Transformators wird der im magnetischen Wechselfeld einer Spule schwingende Nickelstab als lamelliertes Blechpaket ausgebildet, um Wirbelströme zu vermeiden (Abb. 2).

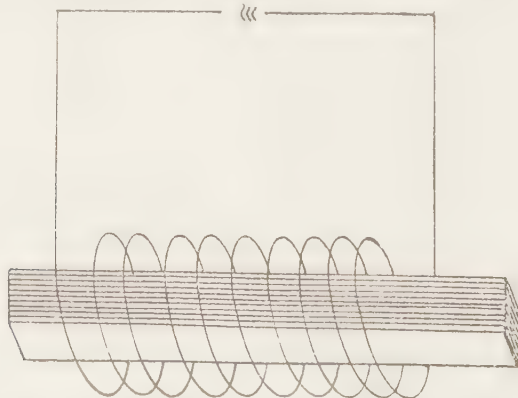


Abb. 2
Schematische Darstellung des elektromechanischen Wandlers

Im allgemeinen wird, um eine hohe Feldstärke im aktiven Material zu erreichen, der Nickelstab zu einem geschlossenen Ring erweitert. Bei der Verwendung in den bekannten zahnärztlichen Handstücken muß auf diese Ausbildung verzichtet werden, um den Gesamtquerschnitt gering zu halten. Das bedingt aufgrund des dadurch langen Luftweges eine großvolumige Spule mit hoher Amperewindungszahl.

Da der magnetostriktive Effekt unabhängig von der Feldrichtung ist, benötigt man zusätzlich zum Wechselfeld ein überlagertes Gleichfeld. Außer Nickel gibt es magnetostriktive Stoffe auf keramischer Basis, die allerdings, insbesondere in stabförmiger Ausbildung, sehr bruchanfällig sind. Der Wirkungsgrad magnetostriktiver Schwinger ist vergleichsweise gering und liegt bei 20 kHz zwischen 50-70 % und sinkt mit wachsender Frequenz. Der elektronische Aufwand am Generator zum Ansteuern des Wandlers sowie für eine geeignete Resonanznachführung, d.h. Rückkopplung, ist verhältnismäßig groß.

Analog zu den magnetostriktiven Stoffen im Magnetfeld verhalten sich piezoelektrische Kristalle bzw. die zur Herstellung von Ultraschall-Leistungswandlern heute ausschließlich verwendeten keramischen Massen im elektrischen Feld (Abb. 3).

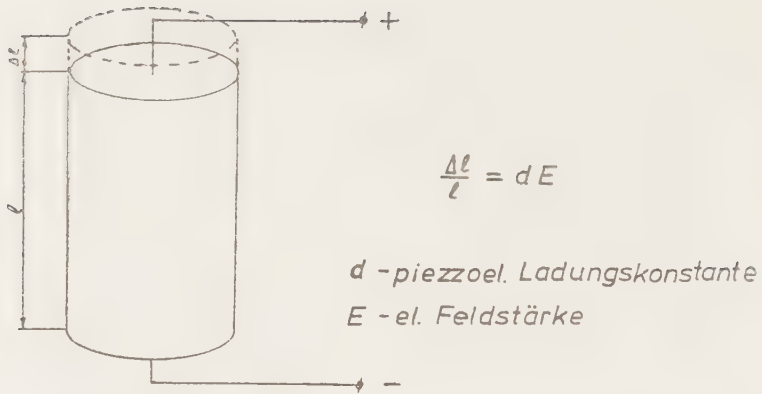


Abb. 3

Schematische Darstellung der piezoelektrischen
Kristalle im Magnetfeld

Anders als beim magnetostriktiven Material hängt die Deformation eines piezokeramischen Materials von der angelegten Spannung und deren Richtung ab. Der Wirkungsgrad von piezoelektrischen Ultraschallwandlern liegt bei 60-80 %. Die zur Erzeugung von Ultraschall benötigten Wandler werden in Resonanz betrieben, die frequenzbestimmenden Abmessungen entsprechen einer halben Wellenlänge. In einem solchen schwingenden System befindet sich die antreibende Kraft im Knotenpunkt des Schwingers.

Es ist demgemäß ausreichend und vorteilhaft, die aktive keramische Masse in diesem Abschnitt anzubringen und die beiden Endabschnitte aus billigerem metallischen Material zu fertigen. Einen dermaßen aufgebauten Wandler bezeichnet man als zusammengesetzten bzw. Sandwich-Wandler (Abb. 4).

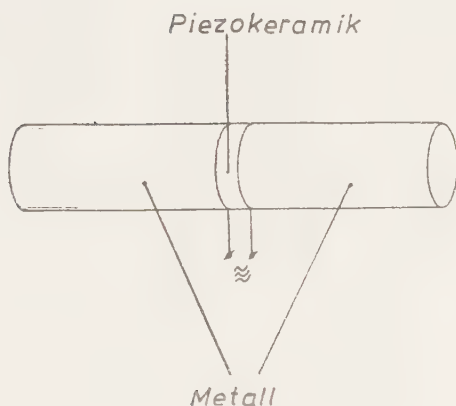


Abb. 4

Sandwich-Wandler mit aktiver zentraler keramischer Masse und seitlichem metallischen Material.

Eine mechanisch elektrische Rückkopplung zur Frequenznachführung läßt sich in einfacher Weise erreichen, indem man ein weiteres piezokeramisches Element anbringt oder einen Sektor des antreibenden Elements benutzt, um in Umkehrung des piezoelektrischen Effekts die mechanischen Schwingungen in ein analoges elektrisches Signal umzusetzen. (Abb. 5).

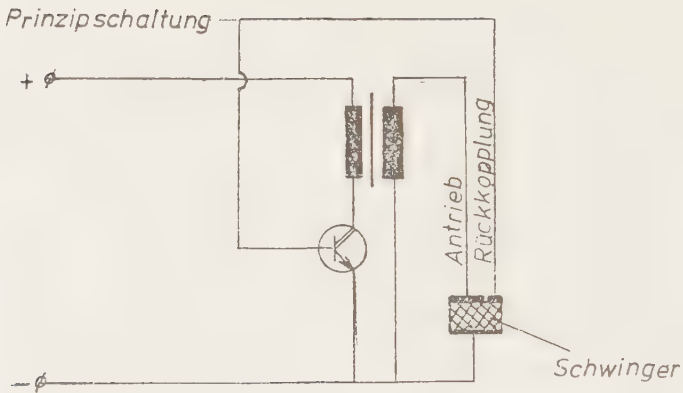


Abb. 5

Schaltschema der mechanisch-elektrischen Rückkopplung

Der Ultraschallwandler ist mittels piezokeramischer Schwingerlochscheiben und metallischer Abschnitte als ein longitudinal schwingendes System aufgebaut. Die Länge des gesamten Schwingungssystems entspricht einer halben Wellenlänge seiner Resonanzfrequenz. Dabei haben die beiden Enden maximale Amplitude (Schwingungsbauch), während es in der Mitte einen Punkt der Ruhe gibt (Schwingungsknoten).

Aus den geometrischen Abmessungen und den Materialkonstanten ergibt sich die Resonanzfrequenz des Schwingers. Die Frequenz von 28 kHz hat sich als wirkungsvoll für die Anwendung und als günstig für die geometrische Auslegung des mechanischen Gesamtsystems erwiesen. So führen niedrige Frequenzen zu größeren Abmessungen und höherem Geräuschpegel, während höhere Frequenzen den Gesamtwirkungsgrad verschlechtern.

Der Ultraschallwandler schwingt in Richtung seiner Längsachse, durch die Querschnittsänderung im Knotenbereich wird die Amplitude des vorderen Abschnittes

herauftransformiert und damit die Wirkung an der Arbeitsspitze verbessert. Durch die Abknickung der Arbeitsspitze wird der Longitudinalschwingung eine Biegeschwingung hoher Amplitude überlagert (Abb.6).

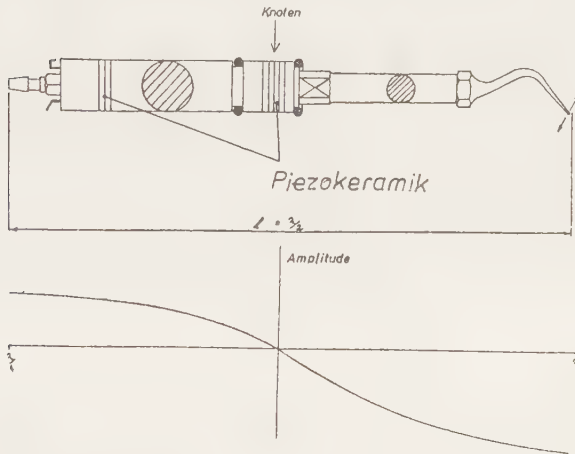


Abb. 6

Darstellung der Longitudinal- und Biegeschwingung

Das in meinen Versuchen verwendete Ultraschallgerät, das mir freundlicherweise von der Firma Siemens zur Verfügung gestellt und mit eigens für die Versuche angefertigten Arbeitsspitzen versehen wurde, hat folgende technische Werte:

1) Es trägt die Bezeichnung "Siroson" mit der Typ-Nr. D 3086. Die Ausführung als Tischgerät ist eine Sonderausführung für meine Untersuchungen, ebenso die Arbeitsspitzen (Abb. 7 und 8).



Abb. 7
Ultraschallgerät D 3086

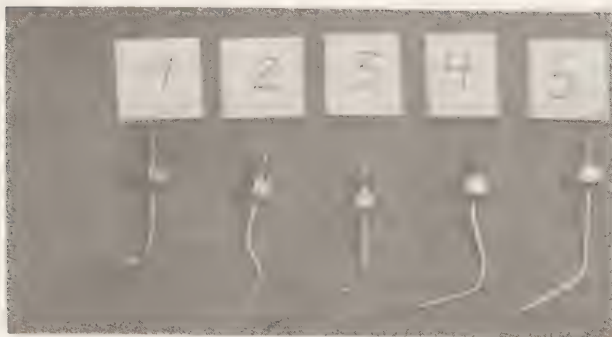


Abb. 8
Ultraschallarbeitsspitzen

1 = 72 μm /30 kHz

4 = 40 μm /30 kHz

2 = 40 μm /27 kHz

5 = 30 μm /29 kHz

3 = 40 μm /30 kHz

- 2) Der Ultraschallwandler wird von einer hochfrequenten Wechselspannung von 28 kHz angeregt.
- 3) Die Schallfrequenz beträgt ebenfalls 28 kHz.
- 4) Die Ultraschallschwingungen werden im vorliegenden Anwendungsfall vom eingetauchten Teil der Spitze abgestrahlt. Diese führt, je nachdem ob in einer oder mehreren Ebenen abgewinkelt, eine lineare oder elliptische Schwingung aus.
- 5) Die Länge des Ultraschallwandlers im Inneren des Handstückes beträgt 78 mm. Die Resonanzfrequenz (28 kHz) ergibt sich aus der Gesamtlänge Wandler und Instrument.
- 6) Die dem Handstück zugeführte elektrische Leistung beträgt 8 Watt. Bei einem Wirkungsgrad von 50 % kann der Ultraschallwandler maximal 4 Watt mechanische Leistung abgeben.
- 7) Die abgegebene mechanische Leistung hängt von der Eintauchlänge der Spitze, von den Eigenschaften der Flüssigkeit, vom Volumen und der Form des Kanals, sowie von der Beschaffenheit der Begrenzungsflächen ab und dürfte, wenn überhaupt, nur mit hohem Aufwand meßbar sein.
- 8) Die Ultraschallerzeugung geschieht mit Hilfe eines piezokeramischen Wandlers.
- 9) Die Leistungseinstellung wird über die Versorgungsspannung des Ultraschallgenerators vorgenommen, diese ist mit Hilfe des Drehknopfes am Gerät zwischen 17 und 24 Volt einstellbar. In gleicher Relation wird dabei die Amplitude der Instrumentenspitze verändert. Die für die einzelnen Instrumente angegebenen Amplituden beziehen sich auf 24 V Versorgungsspannung.

2.1.2. Das Rasterelektronenmikroskop (REM)

Verwendet wurde das Rasterelektronenmikroskop JSM-U3 der Firma Jeol/Japan (siehe Abb.9), das ich im Institut für Werkstofftechnik der Rosenthal-Werke in Selb benutzen durfte.



Abb. 9

Rasterelektronenmikroskop JSM-U3

Die technischen Daten des Gerätes:

1-50 KV Beschleunigungsspannung, ca. 200 Å Auflösungsvermögen, 60-140 000 fache Vergrößerung, Rastergeschwindigkeit 0,5-500 sec/Bild, 250-1000 Zeilen, Rotations- und Öldiffusionspumpe Automatics,

Verwendung von Wolfram-Kathoden.

Das Zahnpräparat wurde zunächst mit einer Diamantsäge angeschliffen. Danach erfolgte mit der Diamantscheibe der Planschliff über mehrere Körnungen (30 - 15 - 7 - 3 - 1 μ) und schließlich der maschinelle Feinschliff auf 0,25 μ mit dem Filztuch. Um die notwendige Leitfähigkeit herzustellen, wird das Präparat in einer Sputteranlage (Fa. Hummer, Engl.) mit Gold beschichtet (Schichtdicke unter 1 μ m). In einem Probenhalter wird das Präparat in die Hochvakuumkammer des REM-Gerätes eingeschlossen und die erforderliche Bildgröße gesucht. Die fotografischen Aufnahmen erfolgten auf einen Schwarz-Weiß-Rollfilm.

2.2. Lösungen und andere Materialien

Von den in der Endodontie verwendeten Medikamenten und Wurzelfüllmaterialien habe ich mich auf die in der Praxis am häufigsten gebrauchten Mittel beschränkt. Sie gehören zu den Medikamenten, die von Wissenschaftlern immer wieder als erfolgversprechend für die Reinigung, Desinfektion und Wurzelfüllung angegeben werden.

2.2.1. Desinfektionsmittel

CHKM - Chlorphenol-Campher-Menthol (1:2:1)

der Firma Dr. Wild und Co. AG, Basel

NaOCl - Natriumhypochlorid, 5 %ig, Herstellung in der Adler-Apotheke, Marktredwitz, Aufbewahrung im Höchstfall 3 Wochen.

Salvizol - Salvizol-Diacetat + Prednisolon + D (+) Pantothenylalkohol + Hexachlorophen der Firma Ravensberg GmbH, Chemische Fabrik Konstanz

H 202 - Verwendung in 3 %iger Lösung

2.2.2. Füllmaterialien

AH 26 - Pulver (Argentum pulv. 10 %, Bismut. oxydatum 60 %, Hexamethylenetetraminum 25 %, Titanum dioxydatum 5 %) und Harz (Epoxy-bisphenol-resina) der Firma De Trey AG, Zürich

Diaket A - der Firma Espe, Seefeld

Albrecht-KR-Wurzelfüllmaterial - Lösung A: Resorcin 40,0, Urea pura 11,5, Thiocarbamid 3,5, Thymol 2,0, Saponin 0,1 u. Excipiens ad 100,0, Lösung B: Paraformaldehyd 33,8, Acid. oxalic. 7,725, Calc.chlorat.sicc.u. Exc. ad 100,0. Dazu Zinkoxyd- u. Silberpulver im Verhältnis 6:1, mit Nelkenöl oder Eugenol zu einer Paste angerührt. (x)

Weitere Angaben wurden der Dissertationsarbeit von H.Feindt: "Die Albrecht'sche Wurzelfüllung - eine In-vivo-Studie über das Volumenverhalten an 66 Zähnen" - Hamburg 1976, entnommen.

2.2.3. Einbettungswachs

Plattenwachs der Firma Gebdi

2.2.4. Boullion

Casoboullion der Firma Biotest, Frankfurt mit folgender Zusammensetzung: Pepton aus Casein 17,0, Pepton aus Sojamehl 3,0 D (+)-Glukose 2,5, NaCl 5,0, di-Kaliumhydrogenphosphat 2,5, Aqua dest. ad 1000 ml.

x) Die theoretischen und praktischen Grundlagen dazu wurden mir freundlicherweise von der Ehefrau des verstorbenen Prof.Dr.Krüger, dessen Mitarbeiter seine Forschungen zur Albrecht'schen Wurzelfüllung fortsetzen, zur Verfügung gestellt. Die letzten Untersuchungsergebnisse sind noch nicht veröffentlicht.

2.2.5. Agarplatten

Es wurde der Nähragar (Caso-Agar) der Firma Biotest Frankfurt verwendet und selbst ausgegossen.

3. Versuchsausführung

3.1. Vergleich der manuellen mit der Ultraschallaufbereitung des Wurzelkanals extrahierter Zähne im Rasterelektronenmikroskop (REM)

a) manuelle Aufbereitung

Exstirpation der Pulpa eines oberen extrahierten Frontzahnes mit herkömmlicher Exstirpationsnadel, Reinigung des Kanals mit H₂O₂, Austrocknung mit Pressluft und Papierspitze (oder mit Watte umwickelte Millernadel), Kanalaufbereitung mit der aufsteigenden Reihe von Rattenschwanzfeilen von 1-4, dabei wird zur Spülung ständig H₂O₂ zugeführt, abschließende Kanalwandglättung mit der Hedströmfeile Größe 4, nochmalige Spülung mit H₂O₂ und Trocknung mit Luft und Papierspitze. Der so aufbereitete Zahn wurde in eine Kunststoffolie eingeschweißt und zur REM-Untersuchung weggegeben.

b) zusätzliche Ultraschallaufbereitung

manuelle Aufbereitung wie unter a) beschrieben. Unter ständiger Spülung mit 0,9 %iger NaCl-Lösung wird der Zahnkanal 3mal 15 Sekunden beschallt. Trocknung mit Luft und Papierspitze. Einschweißen in Kunststoffolie. REM-Untersuchung.

In einer analogen Serie wurde bis zur Größe 6 aufbereitet, um die Arbeitsspitze des Ultraschallgerätes apexnäher plazieren zu können. Es wurden jeweils 3 extrahierte Zähne manuell und 3 extrahierte Zähne zusätzlich mit Ultraschall aufbereitet.

3.2. Nachweis der wichtigsten Zahnkeime

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um anhand bereits vorliegender Ergebnisse anderer Autoren die Leistungsfähigkeit des bakteriologischen Labors im Krankenhaus Marktredwitz, wo dann auch die weiteren Untersuchungen vorgenommen wurden, zu überprüfen.

Extraktion des infizierten Zahnes. Äußerliche Reinigung mit sterilen Tupfern. Zur Vermeidung späterer Kontaminationen wird der äußerlich gereinigte Zahn in Plattenwachs (Firma Gebdi) getaucht. Die Wurzelspitze bleibt frei von Wachs. Einbringen des Zahnes in eine Casoboullion von Biotest. Inkubation bei 37° über 48 Stunden. Ausstrich auf Agarplatten zur Keimdifferenzierung. Untersucht wurden 5 Zähne.

3.3. Qualitativer Keimnachweis nach konservativer und Aufbereitung mit Ultraschall in Kombination mit Desinfektionsmitteln (NaOCl, CHKM, Salvizol).

Im Anfangsstadium der Versuche wurden extrahierte Zähne verwendet. Diese Zähne ließen sich nur mangelhaft fixieren und damit schlecht aufbereiten. Ich habe deshalb im weiteren nur an extraktionswürdigen Zähnen in vivo gearbeitet.

Grobe Reinigung des Arbeitsfeldes mit H₂O₂ und Watte-
rollen. Legen eines mittelstarken, hellen, zugeschnittenen Kofferdam. Abstrich mit steriler Papierspitze aus dem trepanierten Wurzelkanal. Die Papierspitze wird in die Casoboullion gegeben. Reinigung des Kanals mit H₂O₂. Trocknung mit Papierspitze und Luft. Herkömmliche Aufbereitung des Wurzelkanals mit deraufsteigenden Reihe von Feilen oder Reamern bis 60 unter ständiger Verwendung von H₂O₂. Trocknung. Applikation von 5 %iger NaOCl (CHKM, Salvizol) in

den aufbereiteten Wurzelkanal mit einer sterilen Pipette und Papierspitze. 1 Minute Einwirkungszeit. Trocknung mit Papierspitze. Dieser Vorgang wird dreimal durchgeführt. Trocknung. Applikation einiger Tropfen physiol. NaCl-Lösung, aus der abschließend mit einer sterilen Papierspitze ein Abstrich erfolgt. Die Papierspitze wird in Boullion gegeben. Weiterbearbeitung des Zahnes mit Ultraschall. Der Wurzelkanal wird 3 x 15 Sekunden beschallt. Danach erfolgt erneuter Abstrich mit steriler Papierspitze. Die Papierspitze wird in eine Boullion gegeben. Die Boullions mit den Papierspitzen wurden 24 bzw. 48 Stunden bei 37 Grad inkubiert. Beurteilt wurde danach Vorhandensein oder Fehlen einer Trübung. Auf die beschriebene Weise wurden je 5 Zähne bearbeitet.

3.4. Quantitativer Keimnachweis nach konservativer und Aufbereitung mit Ultraschall, mit und ohne Verwendung von Desinfektionsmitteln.

Die Versuchsanordnung ist identisch mit 3.3. Zusätzlich wurde eine quantitative Keimbestimmung vorgenommen nach herkömmlicher Wurzelkanalaufbereitung und anschließender Anwendung von Ultraschall, ohne Verwendung von Desinfektionsmitteln.

Die Boullions mit den Papierspitzen wurden 24 Stunden bei 37 Grad inkubiert. Anschließend wurden mit Spezialpipetten bei starker Trübung 0,01 ml, bei weniger starker Trübung 0,1 bzw. 1 ml entnommen und in eine Petrischale gegeben. Dazu wurde ein nach Vorschrift erhitzter und dann auf 40° abgekühlter Nähragar (Caso-Agar) ausgegossen und durch Schwenken mit dem Boulliontropfen vermischt sowie gleichmäßig in einer möglichst dünnen Schicht auf dem Boden der Petrischale verteilt (Plattengußverfahren aus Agarröhrchen). Die Schalen

wurden darauf bei 37° 48 Stunden inkubiert. Danach erfolgte die Auszählung der Kolonien nach folgender Formel:

bei 0,01 ml Boullion: $K = n \times \pi r^2 \times 100$ Keime/ml

bei 0,1 ml Boullion: $K = n \times \pi r^2 \times 10$ Keime/ml

wobei $K = \text{Keime/ml}$

$n = \text{Zahl der Kolonien/cm}^2$

$\pi = 3,14$

$r = \text{Durchmesser d. Petrischale} \times 1/2$

Um das Auszählen der Kolonien zu erleichtern, wurden auf den Boden der Petrischale 25 cm² aufgetragen und die Summe der so ausgezählten Kolonien durch 25 geteilt, um "n" zu erhalten. (Abb. 10).

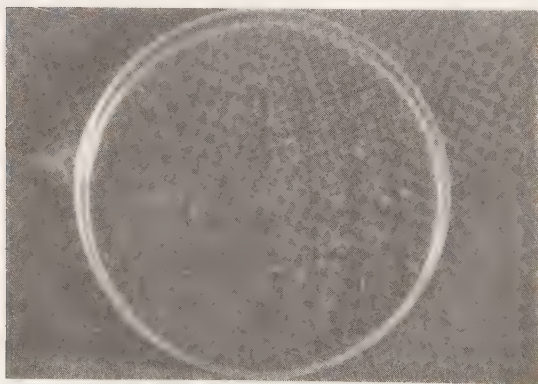


Abb. 10

Bebrütete Petrischale mit auf den Boden aufgezeichneten Quadraten zur genaueren Auszählung der Kolonien.

Für jede Versuchsserie (Keimzahl nach alleiniger Behandlung mit Ultraschall und nach Ultraschall mit NaOCl, CHKM und Salvizol) wurden je 5 extraktionswürdige Zähne in vivo bearbeitet.

3.5. Wurzelfüllung mit Ultraschall

(Sonde von 30 μ m/29 kHz)

a) mit AH 26

Der Wurzelkanal extrahierter Zähne wird herkömmlich aufbereitet und zusätzlich mit NaOCl desinfiziert wie unter 3.3. beschrieben. Abschließende Glättung der Kanalwand mit Ultraschall, Reinigung und Trocknung. In den apexnahen Bereich bzw. untere Drittel wird jetzt mit Lentulo etwas AH 26 eingebracht und 5 Sekunden beschallt. Weitere Füllung bis etwa zum mittleren Drittel des Wurzelkanals, erneute Beschallung für 5 Sekunden. Abschließende komplette Füllung des Kanals, 5 Sekunden Beschallung, Einbringen eines Silberstiftes (Abb. 17 a-c) zur lateralen Kondensation.

Aus der Dissertation von R.M.S.Ponton (Erlangen 1981) geht eindeutig hervor, daß die beste laterale Kondensation durch die Einlage mehrerer Guttapercha-Stifte zu erreichen ist.

Hier soll aber untersucht werden, inwieweit mit Ultraschall ein Lateralkondensationseffekt eintritt. Weil bei der Anfertigung der Zahnschnitte Guttapercha-Stifte aufgefasert, von der Füllung weggerissen und verschmiert wurden, fanden Silberstifte Verwendung.

Um reproduzierbare Vergleichsmöglichkeiten an den verschiedenen Zähnen zu schaffen, wurde jeweils nur ein Silberstift pro Zahn eingepumpt.

Zur Aushärtung des Füllungsmateriales wird der gefüllte Zahn 48 Stunden bei 37 Grad Celsius aufbewahrt.

Vor der weiteren Bearbeitung wird der Zahn in Casto-Glas mit Härterzusatz eingebettet, in verschiedenen Ebenen durchtrennt, geschliffen und mit Gold beschichtet (Abb.11).

Untersuchung im Auflichtmikroskop und im Rasterelektronenmikroskop.

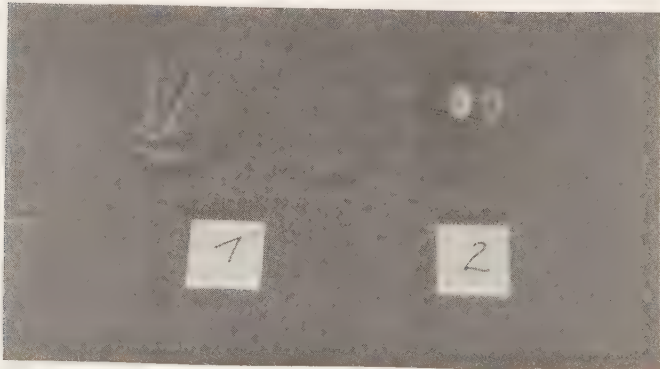


Abb. 11

Zahnlängsschnitte, mit Gold beschichtet (1)
In Casto-Glas eingebetteter Zahn (2)

In einem weiteren Versuch (Vorbereitung des Zahnes zur Füllung wie oben beschrieben) wird die Arbeitsspitze der Ultraschallsonde mit AH 26 benetzt. Vom Apex angefangen wird die gesamte Kanalwand durch Ultraschall von 4-5 Sek. Dauer mit AH 26 beschichtet. Anschließend herkömmliche Füllung mit Lentulo und Einlage eines Silberstiftes zur lateralen Kondensation (Abb. 18 a-c). Beide Methoden der Wurzelfüllung mit Ultraschall wurden angewendet, um Wege zur optimalsten Wandständigkeit zu finden.

b) mit Albrecht'scher Wurzelfüllung

Die Flüssigkeiten A und B werden durchmischt und zwischen den Branchen einer Pinzette in den Zahnkanal gebracht. Ausgiebige Kanalwandbenetzung mit Lentulo. Silberpulver und ZnO wird im Verhältnis 1:6 mit Nelkenöl zur Paste gerührt und herkömmlich mit dem Lentulo

einggebracht. Laterale Kondensation mit Silberstift (Abb. 19 a-c).

In einem zweiten Versuch werden die Flüssigkeiten A und B (im Verhältnis 1:1) mit Ultraschall an die Kanalwand versprüht. Das gleiche geschieht danach mit der Silber-ZnO-Nelkenöl-Paste. Anschließend weitere Wurzelfüllung mit Lentulo auf herkömmliche Weise plus laterale Kondensation mit Silberstift (Abb. 20 a-c).

In einem dritten Versuch werden die Lösungen A und B wieder mit Ultraschall an die Kanalwand versprüht. Anschließend erfolgt die stufenweise Füllung des Wurzelkanals mit Lentulo mit jeweiliger Beschallung, wie unter a) beschrieben. Die Beschallungsintervalle (hier nur 2-3 Sek.) mußten etwas gekürzt werden, da das Albrecht'sche Pastenmaterial unter Ultraschall-einwirkung schnell erhärtete (Abb. 21 a-c).

c) mit Diaket

Wie in allen übrigen Versuchen werden auch hier mit Ultraschall und NaOCl aufbereitete Zähne zur Füllung verwendet. Zunächst erfolgt, um Vergleiche anstellen zu können, eine Füllung auf herkömmliche Weise (Abb. 22 a und b).

Der nächste Zahn wird schrittweise mit Lentulo gefüllt und jeweils 5 Sekunden beschallt, wie unter a) beschrieben (Abb. 23 a-c).

Im letzten Versuch wird die Zahnkanalwand mit Ultraschall benetzt und der Kanal anschließend mit Lentulo gefüllt (Abb. 24 a-c).

Alle drei Zähne erhielten am Ende jeweils einen Silberstift zur lateralen Kondensation.

Die weitere Bearbeitung (Trocknung, Einbetten, Schneiden, Schleifen, Besputtern) erfolgt wie unter a) beschrieben.

4. Versuchsergebnisse

1. Vergleich der manuellen mit der Ultraschallaufbereitung des Wurzelkanals im Rasterelektronenmikroskop (REM)

Wie die REM-Aufnahmen zeigen, kann mit der Ultraschallaufbereitung im Vergleich zur manuellen Aufbereitung eindeutig eine glattere Kanalwand geschaffen werden. Die Abbildungen 12 a - 15 a zeigen REM-Bilder nach manueller Aufbereitung, die Abbildungen 12 b - 15 b REM-Bilder nach zusätzlicher Ultraschallaufbereitung. In Abb. 12 a und 12 b wird bei einer Vergrößerung von 100:1 im Wurzelspitzengebiet verglichen. In Abb. 12 a sind deutlich Unebenheiten und Bohrrückstände erkennbar. Zu ähnlichen Feststellungen kommt man beim Vergleich der Abbildungen 13 a und 13 b, die Wandausschnitte des Kanaleinganges zeigen. In Abb. 13 a sind tiefe Bohrrillen und Bohrrückstände sichtbar, während bei Abb. 13 b die Bohrrillen fast verschwunden sind. Die Abbildungen 14 a und 14 b geben mittlere Abschnitte der Wurzelkanalwand bei einer Vergrößerung von 800:1, 15 a und 15 b bei einer Vergrößerung von 3000:1 wieder. Bei diesen starken Vergrößerungen ist die bessere Glättung der Kanalwand durch Ultraschallaufbereitung überzeugend.



Abb. 12 a Wurzelkanalspitze manuell aufbereitet, deutliche Bohrrückstände und Rillenbildung sichtbar (Vergr. 100:1)



Abb. 12 b Wurzelkanalspitze manuell aufbereitet und mit Ultraschall geglättet, Bohrrückstände und Rillenbildung kaum sichtbar (Vergr.100:1)



Abb. 13 a Wandausschnitt des Kanaleinganges, manuell bearbeitet. Tiefe Bohrrillen und Bohrrückstände (Vergr. 100:1)



Abb. 13 b Wie Abbildung 13 a, manuell und mit Ultraschall bearbeitet. Bohrrillen kaum noch sichtbar (Vergr. 100:1)



Abb. 14 a Wandausschnitt im mittleren Drittel des Wurzelkanals, manuell aufbereitet. Intensive Darstellung von Bohrrückständen (Vergr. 800:1)



Abb. 14 b Mittlerer Abschnitt der Wurzelkanalwand. Überzeugende Kanalwandglättung mit Ultraschall (Vergr. 800:1)



Abb. 15 a Mittlerer Wurzelkanalwand-Abschnitt,
manuell aufbereitet (Vergr. 3000:1)



Abb. 15 b Fast vollständige Glättung nach Bearbeitung
mit Ultraschall (Vergr. 3000:1)

2. Nachweis der wichtigsten Keime in der infizierten Pulpa

In allen 5 Zähnen wurden alpha-hämolysierende Streptokokken gefunden. Weitere Keime: Enterobacter agglomerans, E.coli und Staphylokokkus aureus u.a. Die Ergebnisse stimmen mit den Angaben in der Literatur überein.

3. Qualitativer Keimnachweis nach konservativer und Aufbereitung mit Ultraschall in Kombination mit Desinfektionsmitteln.

Die Abstriche aus den trepanierten Wurzelkanälen aller 15 Zähne führten innerhalb 24 Stunden zur Trübung der Boullion (Tabelle 1).

Desinfektionsmittel	vor Bearbeitung	nach Aufbereitung und Desinfektion	nach Aufbereitung, Desinf.u. Ultraschall
NaOCl	5	2	0
CHKM	5	1	0
Salvizol	5	0	0

Tabelle 1

Zahl der Boullionröhrchen mit Trübung nach 24 bzw. 48 Std. Inkubation.

Die Papierspitzen mit Abstrichen aus den Wurzelkanälen nach Desinfektion und nach Desinfektion und Ultraschall wurden jeweils 48 Stunden inkubiert. Nach Desinfektion mit NaOCl waren nach der Inkubation 2 Boullions getrübt (Abb. 16).

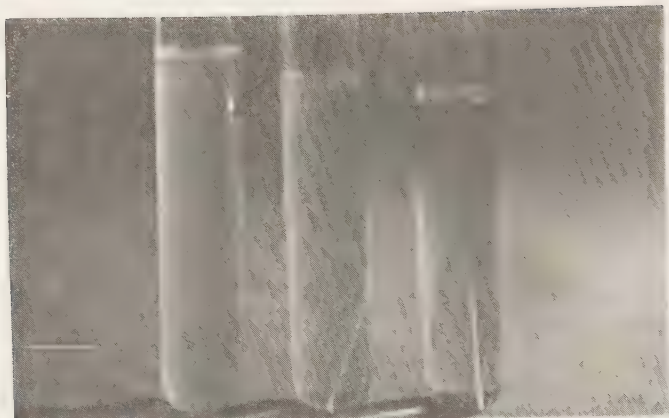


Abb. 16

(Von links nach rechts) Papierspitze mit Abstrich aus dem unbehandelten Wurzelkanal; Papierspitze mit Abstrich nach NaOCl-Behandlung; Papierspitze mit Abstrich nach NaOCl- und Ultraschallbehandlung.

Nach Desinfektion mit CHKM trat einmal, nach Desinfektion mit Salvizol keine Trübung auf. Die Boullions mit den Papierspitzen nach zusätzlicher Ultraschallbehandlung blieben nach 48-stündiger Inkubation alle klar.

4. Quantitativer Keimnachweis nach konservativer und Aufbereitung mit Ultraschall, teilweise mit Desinfektionsmitteln.

Versuchsserie 1 - Keimzahl vor und nach Behandlung mit Ultraschall (Tab. 2). Beim 2. und 3. Zahn konnten nach der Behandlung keine Keime mehr nachgewiesen werden. Bei Zahn 1, 4 und 5 fand eine erhebliche Keimreduktion statt.

Zahn	vor Behandlung		nach Behandlg. mit US	
	cm ²	Keimzahl ml	cm ²	Keimzahl ml
1	1100	62388	20	1134
2	330	18711	0	0
3	700	39690	0	0
4	800	45360	70	3969
5	1200	68040	210	11907

Tab. 2

Keimzahlen vor und nach Behandlung mit Ultraschall
3 x 15 Sek.

Versuchsserie 2 - Keimzahlen vor und nach Behandlung mit NaOCl und nach zusätzlicher Beschallung (Tab.3). Nach Behandlung mit NaOCl waren noch bei Zahn 1, 3 und 5 Keime nachweisbar, nach zusätzlicher Ultraschallanwendung nur noch bei Zahn 5 und dort stark reduziert.

Zahn	vor Behandlung		nach Behandlung mit NaOCl		nach Behandlung mit NaOCl und US	
	cm ²	Keimzahl ml	cm ²	Keimzahl ml	cm ²	Keimzahl ml
1	5300	300510	140	7938	0	0
2	3600	204120	0	0	0	0
3	4300	243810	230	13041	0	0
4	1600	90720	0	0	0	0
5	2700	153090	40	2268	2	110

Tab. 3 Keimzahlen vor und nach Behandlung mit NaOCl und nach zusätzlicher Ultraschallanwendung.

Versuchsserie 3 - Keimzahlen vor und nach Behandlung mit CHKM und nach zusätzlicher Beschallung (Tab.4). Keime wurden nachgewiesen nach Behandlung mit CHKM bei Zahn 1, 2 und 4, nach zusätzlicher Ultraschall-Behandlung nur in Probe 4.

Zahn	vor Behandlung		nach Behandlung mit CHKM		nach Behandlung mit CHKM und US	
	Keimzahl cm ²	ml	Keimzahl cm ²	ml	Keimzahl cm ²	ml
1	1900	107730	70	3969	0	0
2	2700	153090	50	2935	0	0
3	900	51030	0	0	0	0
4	3400	192780	120	6804	10	567
5	1200	68040	0	0	0	0

Tab. 4

Keimzahlen vor und nach Behandlung mit CHKM und nach zusätzlicher Ultraschallanwendung.

Versuchsserie 4 - Keimzahlen vor und nach Behandlung mit Salvizol und nach zusätzlicher Beschallung (Tab.5).

Kein Keimnachweis erfolgte nach Behandlung mit Salvizol bei Zahn 1, 3 und 5, nach zusätzlicher Beschallung bei Zahn 1, 2, 3, 5.

Zahn	vor Behandlung		nach Behandlung mit Salvizol		nach Behandlung mit Salvizol u.US	
	cm ²	Keimzahl ml	cm ²	ml	cm ²	ml
1	1000	56700	0	0	0	0
2	710	40257	12	680	0	0
3	5400	306288	0	0	0	0
4	3400	192780	110	6239	8	554
5	80	4536	0	0	0	0

Tab. 5

Keimzahlen vor und nach Behandlung mit Salvizol und nach zusätzlicher Ultraschallanwendung.

Ideale Bedingungen hätten bestanden, wäre man bei allen Untersuchungen von einer einheitlichen vorgegebenen Keimzahl und einem Einheitskeim ausgegangen. Das war mir wegen organisatorischer Schwierigkeiten nicht möglich. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangswerte und der relativ kleinen Serienzahlen wurde auf eine Signifikanzberechnung verzichtet. Trotzdem ergeben sich eindeutige und überzeugende Schlußfolgerungen. Der bakterizide Effekt bei alleiniger Anwendung von Ultraschall wird in Tab. 2 veranschaulicht. In Kombination mit Desinfektionsmitteln kommt die Ultraschallanwendung potenzierend zur Wirkung.

5. Wurzelfüllung mit Ultraschall

a) AH 26

Bei der Ultraschallbehandlung von AH 26 ergaben sich keine Komplikationen. Es wurde eine geringe Gasblasenbildung beobachtet, die sich sowohl röntgenologisch, als auch im Auflicht- sowie im Rasterelektronenmikroskop nachweisen läßt.

Abb. 17 zeigt den Querschnitt des schrittweise mit Ultraschall gefüllten Zahnes in der apexnahen Hälfte im Auflichtmikroskop.

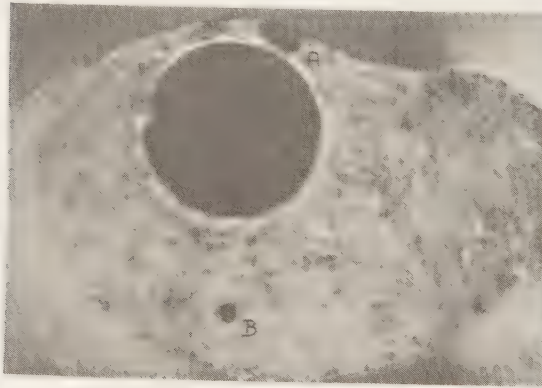


Abb. 17

Querschnitt eines schrittweise mit Ultraschall gefüllten Zahnes im Auflichtmikroskop.

(A = Artefakt nach Oberflächenbearbeitung
B = Gasblase)

Unterhalb des Silberstiftes erkennt man eine Gasblase (B).

Die Kunststoffanteile der Füllung bleiben plastisch und erreichen leider keine Schleifhärte. Sowohl beim Schleifen auf Scheiben mit gebundenem Korn (Läppscheiben), als auch auf Scheiben mit losem Korn (Diamantkörnungen) entsteht keine brauchbare Schliffebene. Die Oberfläche ist teilweise in die Tiefe ausgearbeitet. Fotografisch ergeben sich deshalb deutliche Unschärfen. Bei den weiteren Versuchen wird darum auf die auflichtmikroskopische Darstellung verzichtet. Die Abbildungen 17 a, b und c zeigen den gleichen Zahn im Rasterelektronenmikroskop bei Vergrößerungen 150:1, 600:1 und 2000:1. In der Abb.17 a

ist oberhalb des Silberstiftes eine Gasblase erkennbar. Man kann eine intensive Wandhaftung des Füllungsmaterials konstatieren. Eine stärkere Vergrößerung im Wandbereich ist nicht möglich, da die Oberfläche des Füllungsmaterials zu stark in die Tiefe ausgearbeitet ist. Bei 17 c erscheinen die einzelnen Körnchen weniger kantig und kleiner.

Die Abbildungen 18 a, b und c zeigen in den gleichen Vergrößerungen den Zahn, dessen Kanalwand lediglich mit Ultraschall und AH 26 benetzt wurde mit anschließender herkömmlicher Füllung. Die Oberfläche erscheint bei 18 a-c rauher, die Körnchen sind scharfkantiger und größer, an der Grenze zwischen Zahnkanalwand und Füllungsmaterial sind feinste Spalten sichtbar.

b) Albrecht'sche Wurzelfüllung

Die Abbildungen 19 a-c zeigen in den Vergrößerungen 150:1, 600:1 und 2000:1 Ausschnitte eines Zahnes, der auf herkömmliche Weise gefüllt wurde. Abbildungen 20 a-c zeigen bei gleichen Vergrößerungen den Zahn, wo zunächst die Lösungen A und B und anschließend die ZnO-Silber-Nelkenöl-Paste mit Ultraschall an die Kanalwand verteilt wurde. Die weitere Wurzelfüllung erfolgte dann auf herkömmliche Weise. Die Abbildungen 21 a-c schließlich zeigen den Zahn, der stufenweise mit Lentulo und Ultraschall gefüllt wurde. Beim Beschleifen der Oberflächen entstanden besonders ungleichmäßige Schliffebene, wie die Aufnahmen 19 a, 20a und 21a bei etwas verkantet gehaltenem Präparat zeigen. Die Abbildungen 19 b, 20 b und 21 b zeigen Grenzbereiche zwischen Kanalwand und Füllung. Deutliche Unterschiede bei der Beurteilung der Wandständigkeit ergeben sich nicht, auch wenn man meint, in Abbildung 19 b sei die Wandständigkeit etwas weniger intensiv. Bei der stärksten Vergrößerung kann lediglich in Abbildung 20 c eine

gewisse Körnung festgestellt werden. Eine Beurteilung der Kornpackungsdichte ist aber nicht möglich. Die Bearbeitung des Albrecht'schen Füllmaterials gestaltete sich wesentlich schwieriger als mit AH 26 und Diaket. Das Material erhärtete trotz verkürzter Schallzeiten rasch. 2 Sonden wurden unbrauchbar.

c) Diaket

Die Abbildungen 22 a und b zeigen den Zustand nach herkömmlicher Füllung, die Abbildung 23 a-c nach schrittweiser Füllung mit Lentulo und Beschallung und Abbildung 24 a-c nach Benetzung der Kanalwand mit Ultraschall und anschließender herkömmlicher Füllung.

Bereits bei den kleinsten Vergrößerungen (150:1) erkennt man in Abbildung 22 a eine deutliche Spaltbildung zwischen Kanalwand und Füllung. Bei stärkerer Vergrößerung (600:1) scheint die Wandständigkeit bei Abbildung 23 b intensiver zu sein als bei 24 b. Über die Körnung bei der stärksten Vergrößerung (2000:1) können keine unterschiedlichen Angaben gemacht werden. Lediglich in Abbildung 23 c ist die Körnchenstruktur etwas verwaschener.

Das Material läßt sich komplikationslos mit Ultraschall verarbeiten.

Abb. 17 a - c

AH 26 - im unteren, mittleren und oberen Drittel mit
Lentulo eingebracht und 5 Sek. jeweils beschallt.



Abb. 17 a Intensive Wandhaftung des Füllmaterials
an der Kanalwand. Gasblase in der Mitte
der Abbildung (Vergr. 150:1).



Abb. 17 b Detailvergrößerung - Gute Adhäsion von
AH 26 an der Kanalwand (Vergr. 600:1)



Abb. 17 c Detailvergrößerung des Füllmaterials
AH 26, die einzelnen Körnchen sind kleiner,
weniger kantig und verwaschener.
(Vergr. 2000:1)

Abb. 18 a - c

Kanalwand mit AH 26 und Ultraschall beschichtet und
anschließend herkömmlich gefüllt.



Abb. 18 a Gute Adhäsion von AH 26 an der Kanalwand
(Vergr. 150:1)



Abb. 18 b Detailvergrößerung, die Wandständigkeit scheint weniger intensiv, feinste Spalten sind sichtbar (Vergr. 600:1)



Abb. 18 c Detailvergrößerung, die Struktur von AH 26 ist grobkörniger und scharfkantiger (Vergr. 2000:1)

Abb. 19 a - c

Albrecht'sche Wurzelfüllung

herkömmliche Füllung



Abb. 19 a Keine gleichmäßige, intensive Wandhaftung des Füllmaterials (Vergr. 150:1)



Abb. 19 b Detailvergrößerung vom Grenzbereich zwischen Kanalwand und Füllung . Schliff-ebene verschmiert (Vergr. 600:1)



Abb. 19 c Detailvergrößerung des Füllmaterials
Albrecht'sche Wurzelfüllung
(Vergr. 2000:1)

Abb. 20 a - c

Albrecht'sche Wurzelfüllung

Flüssigkeiten A + B und Silber - ZnO - Nelkenöl-
Paste mit Ultraschall an die Kanalwand verteilt und
anschließend herkömmlich gefüllt.

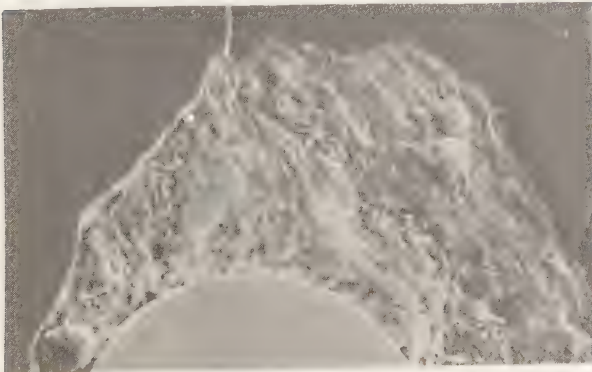


Abb. 20 a Ungleichmäßige, stellenweise intensive
Adhäsion der Füllung an der Kanalwand
(Vergr. 150:1)



Abb. 2o b Detailvergrößerung mit deutlich sichtbaren Spaltbildungen (Vergr. 600:1)



Abb. 2o c Detailvergrößerung, unauffällige Oberflächenstruktur (Vergr. 2000:1)

Abb. 21 a - n

Albrecht'sche Wurzelfüllung - im unteren, mittleren und oberen Drittel mit Lentulo eingebracht und jeweils 5 Sek. beschallt.



Abb. 21 a gleichmäßige, komplette Wandhaftung des Füllmaterials (Vergr. 150:1)



Abb. 21 b Intensive Wandhaftung, keine Spaltbildung sichtbar (Vergr. 600:1)



Abb. 21 c Detailvergrößerung, normale Körnchenstruktur (Vergr. 2000:1)

Abb. 22 a - b

Diaket - herkömmliche Füllung



Abb. 22 a deutliche Spaltbildung zwischen Kanalwand und Diaket (Vergr. 250:1)



Abb. 22 b Detailvergrößerung, grobe Körnchenstruktur (Vergr. 2000:1)

Abb. 23 a - c

Diaket - im unteren, mittleren und oberen Drittel mit Lentulo eingebracht und 5 Sek. jeweils beschallt.



Abb. 23 a intensive Wandständigkeit und gleichmäßige Oberfläche (Vergr. 150:1)



Abb. 23 b Detailvergrößerung, Schliffebene verschmiert (Vergr. 600:1)



Abb. 23 c Detailvergrößerung, Körnchenstruktur fein und verwaschen (Vergr. 2000:1)

Abb. 24 a - c

Kanalwand mit Diaket und Ultraschall beschichtet
und anschließend herkömmlich gefüllt.



Abb. 24 a intensive Adhäsion von Diaket an der
Kanalwand (Vergr. 150:1)



Abb. 24 b Detailvergrößerung, die verschmierte
Schliffebene läßt keine genauen Angaben
über die Randständigkeit des Diaket an der
Kanalwand zu (Vergr. 600:1)

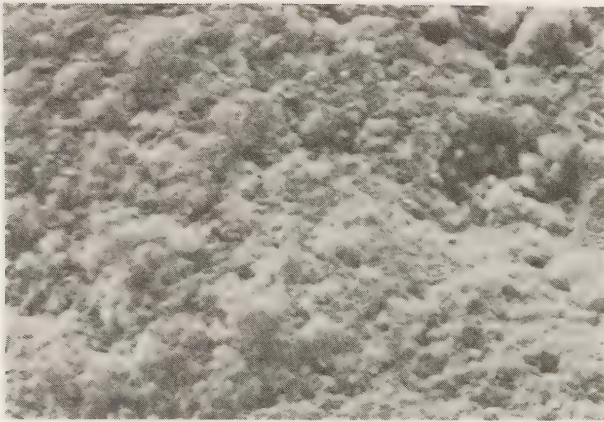


Abb. 24 c Detailvergrößerung von Diaket, die Körnchen erscheinen klein und verwaschen (Vergr. 2000:1)

5. Diskussion der Ergebnisse

Martin, Morris und Cotton (107) berichten 1980 in einer quantitativen Studie über die Dentinentfernung mit Ultraschall und per Hand. Sie führten den Nachweis über die größere Effizienz des Ultraschalls mit Hilfe der gravimetrischen und fotografischen Überlagerungstechnik. Obwohl in der vorliegenden Arbeit keine eigentliche quantitative Auswertung der manuellen im Vergleich zur Ultraschallaufbereitung des Zahnkanales erfolgt, zeigen die REM-Aufnahmen (Abb. 12 a - 15 b) ohne Zweifel deutliche Unterschiede in allen dargestellten Kanalabschnitten. Besonders eindrucksvoll können sie beim Vergleich der Abb. 12 a und 12 b konkretisiert werden. In Abb. 12 a sieht man eine sehr raue Kanalwandoberfläche mit tiefen Kratern und Dentinresten. Die in Abb. 12 b dargestellte Oberfläche ist viel glatter, tiefe, scharfkantige Krater sind

nicht mehr nachweisbar, die Öffnungen zu den Dentinkanälchen sind frei von Detritus. Einerseits ist der Verschuß der Dentinkanälchen durch Schmiergelpartikel, wie sie bei der manuellen Aufbereitung entstehen, erwünscht, da sonst nach Beendigung der Aufbereitung aus den Dentinkanälchen infiziertes Material oder Flüssigkeiten austreten und eine optimale Trocknung mit anschließender Wurzelkanalfüllung vereiteln kann (Kröncke 95). Andererseits entstehen durch den Ultraschall sogenannte Kavitationskeime, die die Dispergierung loser Teilchen in einer Flüssigkeit ermöglichen und desinfizierende Lösungen in unzugängliche Stellen einbringen und mikroskopisch fein verteilen. In Suspension befindliche Teilchen scheren ab und können herausgespült werden (160). Nicht zuletzt erfolgt über die Kavitation die Abtötung von Bakterien.

Am Ende der Aufbereitung sieht man im Rasterelektronenmikroskop die Dentinkanälchen als 3-4 μm im Durchmesser große, freie, trockene Spalten ohne Detritus o.Ä. Bei der späteren Füllung werden die Kanälchen von den Lösungsmitteln der Füllmaterialien ausgefüllt oder die Eingänge dicht verschlossen, da die kleinsten Partikel der gängigen Füllmaterialien meist größer als 3-4 μm sind und nicht in die Kanälchen eindringen können. Man kann auf alle Fälle annehmen, daß gegen das Zahnkanallumen hin auf lange Sicht eine sterile Abdichtung erfolgt und somit gute Bedingungen für eine dauerhafte Wurzelfüllung vorliegen. Da man das unmittelbare Wurzelspitzengebiet bei einem nicht infizierten pulpoparodontalen Mischgewebe nicht bis zum Foramen apikale aufbereiten soll und infolge abgewinkelt oder ungleichmäßig im Querschnitt verlaufender Zahnkanäle meist auch garnicht kann, wird hier die Überlegenheit des Ultraschalles gegenüber der manuellen Aufbereitung besonders deutlich. Aber auch in den anderen Kanalabschnitten

sind die Kanalwände nach zusätzlicher Ultraschallaufbereitung glatter. Die durch die manuelle Aufbereitung entstehenden, oft scharfkantigen Bohrrillenbildungen werden verflacht oder verschwinden ganz. Bei einer Anwendungszeit des Ultraschalls von 3 x 15 Sekunden traten seitens der Patienten keinerlei Äußerungen oder Anzeichen über Schmerzempfindungen oder Unverträglichkeiten auf. Die Wärmewirkung kann bei diesen kurzen Beschallungsintervallen total vernachlässigt werden, da erst nach 15-minütiger Beschallung nachweisbare Zerstörungen an gesunden Zellen und Geweben auftreten. Durch Verlängerung der Beschallungszeiten könnte die Effizienz der Schallwellen sicherlich weiter gesteigert werden. Für den Behandler ergibt sich der Vorteil der leichteren Bearbeitung des Wurzelkanals mit geringerem Kraftaufwand und wesentlich verminderter Traumatisation für den aufzubereitenden Zahn und das periapikale Gewebe, wie Nossek (119) bereits früher feststellte.

An den Arbeitsspitzen des Ultraschallgerätes waren nach Wurzelkanalaufbereitung keine Spuren von Abnutzung oder Verschleiß sichtbar.

Bergmann (8), Wood und Loomis (168), Harvey und Loomis (68), Williams und Gaines (166), Stelter (156) u.a. wiesen bereits die bakterizide Wirkung des Ultraschalles nach. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, konnten durch Ultraschall 2 von 5 infizierten Zähnen keimfrei gemacht werden, bei den anderen Zähnen erfolgte eine signifikante Keimreduzierung. In Kombination mit Desinfektionsmitteln wird die Effektivität der Ultraschallbehandlung potenziert, wie die Ergebnisse der quantitativen Keimzahlbestimmungen in den Tabellen 3, 4 und 5 zeigen. In jeder Gruppe waren von jeweils 5 Zähnen 4 nach der Behandlung mit Ultraschall steril. In je einem Zahn wurden noch Keime nachgewiesen, wenn auch sehr reduziert. Die

Ursache dafür ist wahrscheinlich darin zu sehen, daß diese Versuche in vivo durchgeführt wurden und damit bei den anzunehmenden Mischinfektionen keine einheitlichen Ausgangsbedingungen zu schaffen waren. Um exakt vergleichbare und reproduzierbare Resultate erhalten zu können, hätte man in zunächst sterile Wurzelkanäle standardisierte Reinkulturen mit konstanter Keimzahl / ml geben müssen, bevor die Behandlung mit Desinfektionsmitteln und Ultraschall einsetzt. Keime mit Ultraschallresistenz bzw. verminderter Sensibilität (156) wären damit von vornherein ausgeschlossen.

Die Untersuchungen unter Bedingungen durchzuführen, wie sie tagtäglich in jeder Zahnarztpraxis auftreten, erschien mir nützlicher, denn so kann eine direkte Aussage über die Anwendbarkeit und Effektivität des Ultraschalles in der Praxis gemacht werden.

Man könnte in späteren Versuchen der Zeitkomponente bei der Beschallung in vivo größere Bedeutung beimessen. Wahrscheinlich würde man dann feststellen, daß mit einer längeren Beschallungszeit als 3×15 Sekunden auch noch die letzten Keime zu eliminieren sind.

Die Erwartungen, die in die Wurzelfüllung mit AH 26, Albrecht'scher Wurzelfüllung und Diaket in Kombination mit Ultraschall gesetzt wurden, haben sich bei objektiver Betrachtung nicht erfüllt. Skinner (147) verwendete schon 1958 Ultraschall zur Amalgamkondensierung, fand aber zu der Zeit keine Unterschiede von klinischer Bedeutung im Vergleich zur handkondensierten Füllung. Inzwischen sind Ultraschalltechnik, Untersuchungsmethoden und teilweise auch die Füllungsmaterialien verbessert, so daß die Beurteilung meiner Ergebnisse der Wurzelfüllung mit Ultraschall optimistischer ausfällt als bei Skinner. Am Überzeugendsten traten die

Vorteile der Ultraschallfüllung beim AH 26 zutage, weniger bei der Füllung mit Diaket und kaum mit der Albrecht'schen Wurzelfüllung. Die Wandständigkeit des Füllungsmaterials an der Kanalwand ist nach Ultraschallfüllung intensiver, Spaltbildungen sind kaum festzustellen. Die Körnchengröße verringert sich nach Ultraschalleinwirkung, die Kornpackungsdichte nimmt zu, die Füllungsmasse erscheint kompakter und homogener. Daraus kann man eine größere Festigkeit der Füllung vermuten. Es trat eine geringe Gasbildung auf, die aber ohne klinische Bedeutung ist. Die mikroskopisch und röntgenologisch sichtbaren Gasbläschen waren nie kanalwandständig, sondern immer allseitig von Füllungsmaterial umgeben. Das Füllungsmaterial ließ sich gut bearbeiten. Das Albrecht'sche Wurzelfüllmaterial allerdings wurde schnell hart.

Meine Untersuchungen wurden mit der vom Gerätehersteller vorgegebenen Frequenz durchgeführt. Die Anwendung veränderter Frequenzen wäre über den Rahmen dieser Arbeit hinausgegangen. Deswegen war auch die Auswahl der untersuchten Materialien begrenzt. Für weitere Untersuchungen erscheinen mir folgende Aufgaben einer Bearbeitung wert:

1. Versuche mit veränderten Frequenzen
2. Systematische Variation in der Zusammensetzung der untersuchten Füllungsmaterialien (ich habe mich bei der Herstellung von AH 26, Diaket und der Albrecht'schen Wurzelfüllungspaste exakt an die jeweiligen Gebrauchsanweisungen gehalten).
3. Versuche mit anderen Wurzelfüllmaterialien (z.B. Zink-Oxyphosphatzement, GAP).
4. Versuche mit Materialien, die die Körnchengröße $3-4\mu\text{m}$ nicht überschreiten, z.B. mit Tonerden
5. Suche nach anderen Bindemitteln und Härtern

6. Verbesserung der Schleiffähigkeit
7. Untersuchungen über eventuell ablaufende chemische Reaktionen, die vom Ultraschall im Füllungsma-
terial ausgelöst werden.

Der komplexe Einsatz des Ultraschalles bei der Zahnkanalaufbereitung, Desinfektion, Kanalglättung und Wurzelfüllung hat den herkömmlichen Verfahren gegenüber Vorteile. Der Mehraufwand an Zeit ist minimal. Die Handhabung des Ultraschallgerätes geschieht bequem und ohne Kraftaufwand.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der komplexe Einsatz des Ultraschalles bei der Zahnkanalaufbereitung, Desinfektion, Kanalwandglättung und Wurzelfüllung experimentell geprüft.

Der Nachweis der größeren Effektivität der Kanalaufbereitung, Desinfektion, Kanalwandglättung und Wurzelfüllung mit Ultraschall im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren wird mit Hilfe qualitativer und quantitativer Keimzahlbestimmungen sowie rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen erbracht. Nach Ultraschallanwendung tritt eine signifikante Keimzahlreduktion auf. In Kombination mit Desinfektionsmitteln potenziert sich die bakterizide Wirkung des Ultraschalles, und man erhält meist sterile Wurzelkanäle.

Durch den Ultraschall erfolgt gleichzeitig eine bessere Kanalwandglättung. Damit werden optimale Voraussetzungen für eine erfolgreiche Wurzelfüllung geschaffen.

Die Wurzelfüllung mit Ultraschall bringt nur bescheidene Vorteile gegenüber der herkömmlichen Füllung. Die Wand-

ständigkeit des Füllungsmaterials an einer mit Ultraschall geglätteten Kanalwand erscheint nach Ultraschallfüllung intensiver, die Körnchengröße verringert sich, die Füllungsmasse erscheint kompakter und homogener.

Am Schluß der Arbeit werden einige Anregungen gegeben für spätere Untersuchungen, die zur weiteren Verbesserung der Zahnkanalaufbereitung und Wurzelfüllung mit Ultraschall beitragen können.

7. Literaturverzeichnis

1. Adloff, P.: Zukünftige Behandlungswege der Pulpitis? Dt.Mschr.Zahnkd. 41; 653, 1923
2. Akpata, E.: Total Viable Count of Microorganisms in the Infected Dental Pulp J.Dent.Res. 33; 791, 1972
3. Anthony, L.P. et al: A brief history of root canal therapy in the United States J.Amer.Dent.Ass. 32: 43-50, 1945
4. v.Ardenne, M.: Über einige Fortschritte bei der Entwicklung von Ultraschall - Zahnbohrgeräten, Dt. Stomatol. 10, 127, 1960
5. Auerbach, M.: Antibiotics, Instrumentation in Endodontics, N. York State Dent. J. 19: 225, 1953
6. Barth, G. u. Wachsmann, F.: Klinische Ergebnisse der Ultraschallbehandlung, Strahlentherapie 78, 119, 1948
7. Bellizzi, R. and Cruse, W.P.: A historic review of endodontics J.Endod. 6, 5, 1980
8. Bergmann, L.: Der Ultraschall 6. Aufl. 1954, Hirzel-Verlag, Stuttgart
9. Bernhöft, J.: Vergleichende röntgenologische und klinische Untersuchungen von Wurzelfüllungen mit N2 und Cuttapercha. Vortrag auf d. 8. Jahrestagung der dt. Gesellschaft f. Zahnerhaltung, Nov. 1980 in Bochum
10. Blair, M.A.: Evaluation of sealing properties of endodontic filling materials and techniques. J.Kentucky Dent.Ass. 24:36-38, 1972
11. Bössmann, K.: Über die antimikrobielle Wirksamkeit verschiedener Mittel zur

Behandlung und Versorgung des infizierten Wurzelkanals. Vortrag 8. Jahrestagung d. dt. Gesellschaft f. Zahnerhaltung Nov. 1960 in Bochum.

12. Boucher, R. et al: Biocidal Mechanisms of Saturated Dialdehyds Proc.W.Pharmacol.Soc. 16:282, 1973
13. Brown, B.D. et al: Studies of Sargenti Technique of Endodontics-Autoradiographic and Scanning Electron Microscope Studies. J.Endod. 5: 14-19, 1979
14. Brown, B.D. et al: Studies of Sargenti Technique of Endodontics-Reaction to the Materials. J.Endod. 4: 238, 1978
15. Brubacher: Über Wurzelfüllungen mit Zement Dt.Mschr.Zahnkd. 41: 257, 1923
16. Butt, B.G. et al: Ultrasonic removal of tooth structure. J.Amer.Dent.Ass. 55: 32, July 1957
17. Callahan, J.R.: Rosin solution in root filling J.Allied Dent.Soc. 9: 53, 1914
18. Castangola, L.: Die Lebenderhaltung der Pulpa G.Manser, München 1953
19. Cohen, S. et al: Pathways of the pulp St.Louis, G.V. Mosby Co., p.364, 1976
20. Cohn, G.: A brief history of root canal therapy Dent.Outlook 25: 20-27, 1938
21. Cook, D.J. and P.P. Taylor: Tissue reactions to improved zinc-oxyde-eugenol-cements. J.Dent.Child.40: 199, 1973
22. Coolidge, E.D. et al: Studies of germicides for the treatment of the root canals, J.Amer. Dent.Ass. 16: 698, 1929
23. Coolidge, E.D.: Past and present concepts in endodontics, J.Amer.Dent.Ass. 61:676-688, 1960

24. Craig, F.: Bending and torsion properties of endodontic instruments. Oral Surg. 25:235, 1968
25. Crane, D.L. et al: An in vivo technique for biocompatibility studies of materials. J.Endod. 2(9): 277-278, 1976
26. Crane, D.L. et al: Biological and physical properties of an experimental root canal sealer without eugenol. J.Endod. Vol. 6,2, 1980
27. Cruse, W.P. and R. Bellizzi: A historic review of endodontics, J. Endod. 6,3, 1980
28. Cunningham, J.: The seal of root fillings at apicectomy, Brit.Dent.J. 139, 430, 1975
29. Curson, I.: History and endodontics Dent.Pract. 15 (12): 435-1965
30. Czernyei, J. Die Heilungsvorgänge nach der Wurzelspitzen-Amputation. Zahnärztl.Rdsch. 41, 938, 1932
31. Dengler, R.: Ultraschallanwendung auf Zähne - Erzeugung und Nachweis. Zulassungsarbeit, Physik-Department der TU München, 1975
32. Denton, G.B. et al: The history of vitalismin pulp treatment. Dent.Cosm. 73:267, 1931
33. Dietz, G.: In vitro-, klinische, tierexperimentelle und zellkulturelle Untersuchungen der Wurzelfüllpaste GAP. Vortrag 8. Jahrestagung d.Dt.Gesellschaft f. Zahnerhaltung 28.-29. Nov. 1980 in Bochum
34. Dyson, M. et al: The stimulation of tissue regeneration by means of ultrasound. Clin.Sci. 35: 273, 1968
35. Edler, S.A.: J.Acoust. Soc.Am. 31, 54, 1959
36. Elander, K.: Das Problem des Wurzelfüllens, Dt.Mschr.Zahnkd. 32, 489, 1914
37. Elpiner, L.J.: Nowije materiali po obezzarashchivaniju wodi ultrazvukom. Gigiena i sanitarija 7, 1958

38. Elpiner, I.: New Data on Ultrasound Water Sterilization Hyg. Sanitation 25, 8, 1960
39. Elpiner, I.E.: Ultrasound. Its physical, chemical and biological effects. Consultants Bureau, New York 1964
40. Euler, H.: Kritische Bemerkungen zur Behandlung gangränöser Zähne. Dt. Zahnärztl. Z. 3, 158, 1948
41. Euler, H.: Wurzelbehandlung und Kanalwand Öst. Z. Stom. 50, 291, 1953
42. Ewen, S. and Glickstein, C.: Ultrasonic Therapy in Periodontics, Springfield, Ill., Ch. C. Thomas Publ., P. 1, 1968
43. Farley, J.R.: Brief history of endodontics Texas Dent. J. 92(2), 9, 1974
44. Fischer, C-M: Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung des Wurzelkanals bei Pulpanekrose und Parodontitis apicalis chronica. Schweiz. Mschr. Zahnkd. 75, 1114, 1965
45. Fischer, C.M. and Schaper, U.: Die Wurzelkanalbehandlung bei nicht infiziertem Wurzelkanal Dt. Zahnärztl. Z. 12, 1729, 1957
46. Francke, O.G. William Hunter's "Oral Sepsis" and American Odontology. Bull. History Dent. 21 (2), 73-79, 1973
47. Francke, O.G.: Capping of the living pulp Bull. History Dent. 19(2), 17-23, 1971
48. Frank, A.: Evaluation of the Giromatic Endodontic Handpiece Oral. Surg. 24, 419, 1967
49. Fraser, J.G.: Chelating Agents: Their Softening Effect on Root Canal Dentin. Oral Surg. 37 803-811, 1974
50. Friedman, J., Lite, T. and H. Solomon: Pulp Reactions to Ultrasonic Tooth Preparation. N. York J. Dent. 26, 144, April 1956

51. Frenkel, J.: Acta Physicochim. U.R.S.S. 19, 51, 1944
52. Fromme, H.G.: Experimentelle Untersuchungen zur Frage der mech.u.chem. Wurzelkanalaufbereitung sowie zur Wandständigkeit von Wurzelfüllmaterialien. Dt.Zahnärztl.Z. 25, 865, 1970
53. Fulford, H.: Deterioration in Cutting Behavior of Reamers After Use. J.Brit.Endod.Soc., 11, 53, 1978
54. Gall, M.: Über apikale Heilungsvorgänge nach Pulpa-exstirpation ohne Wurzelfüllung. Schweiz. Mschr.Zahnkd. 46, 213, 1936
55. Gierlich, K. und A. Jung: Die kombinierte Anwendung von Ultraschall und Reizströmen. Phys.Med. Heft 9, 1968
56. Gilbert, D.B. et al: Inactivation by Saliva and Serum of the Antimicrobial Activity of Canal Sealers. J.Endod. 4, 100, 1968
57. Grahnen, M. and B.Krasse: Effect of Instrumentation and Flushing of Non-vital Teeth in Endodontic; Therapy, Clinic and Bacteriology Study. Odontol.Rev. 14, 167, 1963
58. Grossmann, L.J.: Endodontics: A peep into the past and the future. Oral Surg. 37, 599-608, 1974
59. Grossmann, L.J.: Endodontics practice Ed. 8, Lea & Febiger, Philadelphia, 1974
60. Grossmann, L.J.: Antimicrobial Effect of Root Canal Cements. J.Endod. 6, 6, 1980
61. Grove, C.J.: Causes of Periapical Infections J.Amer.Dent.Ass. 15, 52-54, 1928
62. Grove, C.J.: An Accurate new Technique for Filling Root Canals to the Dentino-cemental Junction with Impermeable Materials. J.Amer.Dent.Ass. 16, 1594, 1929
63. Günther, U.: Ultraschallanwendung auf Zähne -

- Ausbreitung und Wirkung. Zulassungsarbeit
Physik-Department der TU München, 1975
64. Gurney, F.G. Eugenol: Utility Versus Toxicity
Oral Hyg. 55, 74-82, 1965
65. Gutierrez, J. et al: Physical and Chemical Deterioration of Endodontic Reamers During Mechanical Preparation. Oral Surg. 29, 394, 1969
66. Guttuso, J.: Histopathologic Study of Rat Connective Tissue Responses to Endodontic Material
Oral Surg. 16, 713-727, 1963
67. Harndt, E. Histologische und bakteriologische Grundlagen für die Behandlung gangränöser Wurzelkanäle. Dt.Zahnärztl.Z. 3, 81, 1948
68. Harvey, E.N. und A.L.Loomis: The Destruction of Luminous Bacteria by High Frequency Sound Waves.
J.Bact. 17, 373-376, 1929
69. Hatton, E.M.: Regeneration of the Apical Region after Treatment and Filling of the Pulp Canals
J.Amer.Dent.Ass. 13, 485-488, 1926
70. Haunfeldter, D.: Instrumente und Methoden zur Aufbereitung des Wurzelkanals, Dt.Zahnärztekal.
G.Manser, München 1958
71. Hawley, S.A.: J.Am.Acoust.Soc. 35,8,1285-1287, 1963
72. Healey, H.J.: Patterson, S.S. and G.Van Huysen: Pulp Reactions to Ultrasonic Cavity Preparation
US Armed Forces M.J. 7, 685, May 1956
73. Heinemann, H.: Die Wurzelfüllung
Verlag Meusser, Berlin 1926
74. Hermann, B.W.: Biologische Wurzelbehandlung, Frankfurt 1951
75. Hess, W.: Die Ionophorese in der Gangränbehandlung
Dt.Zahnärztl. Wschr. 46, 219, 1944
76. Hess, W. Über den Randschluß und Wanddichte der richtig hergestellten und verarbeiteten Füllungsmaterialien. Dt.Zahn-,Mund- u. Kieferheilk.
138, 1953

77. Hill, T.J. and K.W. Boester: Relative Efficiency of Germicidal Cements. J.Amer.Dent.Ass. 21, 1565-1571, 1934
78. Hoppe, W.: Tierexperimentelle Studien über die Versorgung des Wurzelkanals bei apikaler Parodontitis. Vortrag 8. Jahrestagung d.Dt.Ges. f.Zahnerhaltung 28./29.11.1980 in Bochum
79. Horton, J. et al: Healing of Surgical Defects in Alveolar Bone Produced with Ultrasonic Instrumentation and Tetracycline Burs. Oral Surg. 39: 536, 1975
80. Hughes, D.E. and W.L. Nyborg: Science 138, 108-114, 1962
81. Ingle, J.I. and B. Zeldow: An Evaluation of Mechanical Instrumentation and the Negative Culture in Endodontic Therapy. J.Amer.Dent.Ass. 57: 471, 1958
82. Ingle, J.I.: Endodontics
Ed. 1, Lea & Febiger, Philadelphia 1965
83. James, J.: Therapeutic Aspects of Ultrasound
Brit.J.Radiol. 42:72, 1969
84. Juge, H.: Resorbable Pastes for Root Canal
Int.Dent.J. 9: 461-476, 1959
85. Jungmann, G. et al: Effect of Instrument on the Shape of the Root Canal. J.Endod. 1:66, 1975
86. Johnson, G.M.: J.Physiol. 67, 356-359, 1929
87. Kapsimalis, P. et al: Sealing properties of endodontic filling materials using radioactive polar and low polar isotopes. Oral Surg. 22 (3), 386, 1966
88. Keresztesi, K. et al: The biological effect of root filling materials. Int.Dent.J. 16: 222-231, 1966
89. Ketterl, W.: Die Pulpen- u. Wurzelbehandlung, Praxis d.Zahnheilkunde. Urban u. Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, 1977

90. Klaiber, B.: Toxizitätsbestimmungen von Wurzelfüllmaterialien und deren einzelnen Komponenten in der Zellkultur. Vortrag 8. Jahrestagung d.Dt. Ges. f. Zahnerhaltung 28.-29.11.1980 in Bochum
91. Knapp, J.M. and J.L.Bernier: Response of oral tissues to ultrasound. J.Amer.Dent.Ass. 58, 50, 1959
92. Kolb, J. an W.L.Nyborg: J.Acoust.Soc.Am 28, 1237-1243, 1956
93. Komrska, J.: Struktura a vlastnosti dentalnich materialu Stomat.Zprvy 17, 67, 1974
94. Kossow, G.: Ref. Schweiz.Mschr.Zahnkd. 34, 294, 1924
95. Kröncke, A.: Oberflächenuntersuchung über die Wirksamkeit verschiedener, zur Glättung der Wurzelflächen anwendbarer Instrumente. Dt.Zahnärztl.Z. 19, 1041, 1964
96. Kröncke, A.: Die Aufbereitung des Wurzelkanals als Voraussetzung für die Applikation des Füllmaterials. Vortrag 8. Jahrestagung d.Dt. Ges. f. Zahnerhaltung, Nov. 1980 in Bochum
97. Last, A.J. and R.M.G. Boucher: Sono-synergistic Sterilization of Surgical and Dental Instruments. Ultrasonics. International Conference Proceedings 9, 233, 1973
98. Lautenschlager, S. et al: Brittle and Ductile Torsional Failures of Endodontic Instruments. J.Endod. 3: 175, 1977
99. Lechtman, J. et al: Heating Produced by Ultrasound in Bone and Soft Tissue. Arch.Phys.Med. Rehab., 8, 397, 1967
100. Lightfoot, V.G.: Brief history of root canal Therapy J.Dent.Students 33 (9):11-17, 42, 1955
101. Luks, S.: An Analysis of Root Canal Instruments J.Amer.Dent.Ass. 58:85, 1959
102. Maeglin, B.: Die Aufbereitung des infizierten Wurzelkanals, Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde in

Vorträgen, G.Hanser, Heft 8, 1951

103. Mallernee, R.E.: Effect of ultrasonic energy on the periodontal membrane alveolar bone and gingiva. J.Prosth.Dent.8:147, Jan.1958
- 104 Marshall, F.J. and M.Massler: The sealing of pulpless teeth evaluated with radio-isotopes. J.Dent.Med. 16: 172-184, 1961
105. Martin, H.: Quantitative Bactericidal Effectiveness of an Old and a New Endodontic Irrigant. J.Endod. 1:164, 1975
106. Martin, H.: Ultrasonic Desinfection of the Root Canal, Oral.Surg. 42:92, 1976
107. Martin, H. et al: Ultrasonic versus hand filing of dentin; a quantitativ study, Oral Surg. 49, 1, 1980
108. Matter, M.: Nachkontrolle von Zähnen, die nach einer modifizierten Walkoff'schen Methode behandelt wurde, unter besonderer Berücksichtigung des Problems der Pastenresorption. Dissertation, Bern 1963
109. Mayrhofer: Indikationen zur Anwendung des Perubalsams in der Zahnheilkunde. Öst.Z.Stom. 1908
110. Mc Fall, T. et al: Comparison of the Cutting Effect on Bone of an Ultrasonic Cutting Device and Rotary Burs. J.Oral Surg. 19:200, 1961
111. Malooley, J. et al: Response of periapical pathosis to endodontic treatment in monkeys. Oral Surg. 47: 545, 1979
112. Melkova, V. et al: Dt.Zahnärztl.Z. 20:1283, 1965
113. Milas, V.B.: A history of the American Association of Endodontics 1943-1968
114. Miller, W.D.: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde, Georg Thieme Verlag, Leipzig 1903
115. Mitchell, D.F. and J.R. Jensen: Preliminary report on reaction of dental pulp to cavity preparation using ultrasonic device. J.Amer.

- Dent.Ass. 55:57, Juli 1957
116. Monica, W.S.: Outline of dental history
Fairleigh Dickinson University Dental School,
1972
 117. Moodnik, R.M. et al: Retrograde Amalgam Filling.
A Scanning Electron Microscopic Study,
J.Endod. 1.28, 1975
 118. Newton, C.W. et al: Studies of Sargenti's technique
of endodontic treatment: six-month and one-
year responses, J.Endod.Vol 6, No 4, April
1980
 119. Nossek, H.: Über die Brauchbarkeit des niederfre-
quenten Ultraschalls zur Wurzelkanalaufbe-
reitung, Dt.Stomatol.21 (1971)H.5
 120. Nyborg, H. et al: Healing Process after Vital Ex-
tirpation, Odontol.Tidskr. 73: 430-446, 1965
 121. Nyborg, W.L. (1968): J.Acoust.Soc.Am.44, 1302-1309
 122. O'Connell, D. et al: Evaluation of Root Canal Pre-
paration with two automated endodontic hand-
pieces, Oral Surg. 39:298, 1975
 123. Olliet, S. and S.Sorin: Torsional Tester for Root
Canal Instruments. Oral Surg. 20:654, 1965
 124. Olliet, S. et al: Cutting Efficiency of Endodontic
Reamers, Oral Surg. 36, 243, 1973
 125. Oman and Applebaum: Ultrasonic Cavity Preparation
N.York State Dent.J. 20, 256, 1954
 126. Ottolengui, R.: A review of the life work of J.R.
Callahan Pacific Dent. Gaz. 28:260-276, 1920
 127. Pässler zitiert in Schroeder
 128. Peacocke, A. and N.Pritchard: Some biophysical
aspects of ultrasound. Progr.Biophysics 18:
185, 1968
 129. Phillips, R.W. et al: Adaptation of restorations
in vivo as assessed by Ca 45. J.Amer.Dent.
Ass. 62: 9 - 20, 1961

130. Pichler, H.: Die quantitative Seite des Problems
der Wurzelbehandlung. Z.Stomatol. Wien
28, 279, 1930
131. Pohl, R.W.: Einführung in die Physik 3, 12, 1967
132. Pohlmann, R.: Die Ultraschalltherapie
Verlag Hans Huber, Bern 1951
133. Preiswerth, G.: Konservierende Zahnheilkunde
Verlag Lehmann, München 1912
134. Prinz, M.: Electr.sterilization of root canals
Dent.Cosm. 59 (4): 373-388, 1917
135. Ram Zeev: Chelation in root canal therapy. Oral
Surg. 1, 1980
136. Rappaport, H. et al: Toxicity of endodontic filling
materials, Oral Surg. 18: 785-802, 1964
137. Redtenbacher, K.: Wurzelbehandlung vitaler und
gangränöser Zähne in einer Sitzung. Verl.
Zahnärztl.-Mediz.Schrifttum, München 1957
138. Richman, M. Use of ultrasonics in root canal
therapy and root resection, J.Dent.Med.
12:12, 1957
139. Ring, M.E.: Anton von Leeuwenhoeck and the tooth-
worm, J.Amer.Dent.Ass. 83:999-1001, 1971
140. Ring, A.L.: Kritik der maschinellen Wurzelkanalauf-
bereitung. Zahnärztl.Mitt. 58, 1024, 1968
141. Schilder, H.: Pathways of the pulp, C.V.Mosby
Comp., St.Louis 1976, pp.111-133
142. Schmitt, F.O. and B.Uhlemeyer: Proc.Soc.Exp.Biol.
Med. 27,626,1930
143. Schroeder, A.: Endodontie - ein Leitfaden für
Studium und Praxis, Buch- u.Zschr.Verlag
"Die Quintessenz", Berlin, Chicago, Rio de
Janeiro, Tokio 1977
144. Schröder, H.: Die Wurzelbehandlung mit Kieseleser
Zschr. Rad. 35, 341, 1926
145. Shih, M. et al: Bactericidal Efficiency of NaOCl
as an Endodontic Irrigant. Oral Surg. 29:
613, 1970

146. Shoji, Y.: Systemat. Endodontie, Buch- u. Zschr.-
Verlag "Die Quintessenz" Berlin 1973
147. Skinner, E. and G. Mizera: Condensation of Amalgam
with Ultrasonic Vibration. J.Prosth.Dent.
8, 138, 1958
148. Snyder, D.E. et al: Effects of N² in experimental
endodontic therapy. OralSurg. 21:635-656,
1966
149. Sommer, R. et al: Clinical Endodontics.
W.B. Saunders Comp.,Philadelphia, 1966, p.
181
150. Spangberg, L. et al: Biologic effects of dental
materials, Oral Surg. 36:856,1973
151. Spangberg, L.: Biological effects of root canal
filling material, Odontol.Rev. (Suppl!)
20:16, 1969
152. Spangberg, L.: Biologic effects of root canal
filling materials, The effect of bone tissue
of too formaldehyde-containing root canal
filling pastes. Oral Surg. 38 (6), 934-
944, 1974
153. Spranger, H.: Über die Anwendung des Ultraschalles
in der Zahnheilkunde und seine Wirkung.
Dt. Zahnärztek. Carl-Hanser Verlag ,
München 1970
154. Spranger, H.: Ultraschall in der Parodontaltherapie
Med.Dissert.Berlin 1968
155. Stein, U. Ultraschallreinigung in der Zahnheilkunde
Zahnärztl. Rdsch. 75, 42, 1966
156. Stelter, J.: Mikrobiol. Ultraschallwirkung
Westd.Verlag Köln und Opladen, 1956
157. Stewart, G.: Importance of Chemomechanical Prepa-
ration of the Root Canal. Oral Surg. 8,
993,1955
158. Svejda, J. und O.Brazda: Wurzelkanalfüllung nach

- Wurzelspitzenresektion im Rasterelektronen-
mikroskop, Dt.Zahnärztl.Z. 33, 293-298, 1978
159. Tagger, J.: Endodontics: A review of the past and
its present status. Alpha Omegan pp 107-
118, 1967
160. Thacker, J. An approach to the mechanism of killing
cells in suspension by ultrasound. Biochem.
Biophys.Acta 304: 240, 1973
161. Theismann, M. und K. Wallhäuser: Naturwissenschaf-
ten, Bd. 37, 1950 Seite 185
162. Torneck, G.D.: Reaction of rat connective tissue
to polyethylene tube implants. Oral Surg.
24, 674, 1967
163. Vegotsky, A.: Ultrasound and the gene. Faculty
Lecture Series at Wheaton College, Norton,
Mass., USA 1966
164. Walkhoff-Hess: Lehrbuch d.konservierenden Zahnheil-
kunde, Verlag J.A. Barth, Leipzig 1954
165. Wells, P.: Biomedical Ultrasonics.
N.Y. Acad.Press, Inc. pp 45-135, 1977
166. Williams, O.B. und W. Gaines: zitiert nach Bergmann
167. Winkler, K.G. et al: Bacteriologic Results from
4000 Root Canal Culture. Oral Surg. 12: 857-
875, 1969
168. Wood, R.W. und A.L. Loomis: The physical and bio-
logical effects of high frequency sound-
waves of great intensity. Philad.Mag. (7),
Bd. 4, 417-436, 1927
169. Yates, L. et al: Microleakage of three root canal
cements: one-year study. J.Endod. 6,6,1980
170. Younis, O. and J.H.Hembree: Leakage of different
root canal sealants. Oral Surg. 41 (6):
777-784, 1976
171. Zinner, D.: Ultrasonic studies in dentistry
American Institute of Ultrasonics in Medicine,

- Proc. of the 4. Annual Conference on Ultrasonic Therapy, Lip. of Congress, 55, 1955
172. Zach, L. and G.N.Brown: Pulpal effect of ultrasonic cavity preparation. Prelim. report N.York Dent.J. 22:9, Jan.1956

Herrn Professor Steinhäuser danke ich dafür, daß er mir die wissenschaftliche Arbeit an seiner Klinik ermöglicht hat.

Herrn Priv.-Doz. Dr.Dr. Lindorf möchte ich für die Überlassung des Themas und für seine Anleitung zu dieser Arbeit meinen herzlichen Dank aussprechen.

Darüber hinaus danke ich all denen, die durch Rat und persönliche Unterstützung freundlicherweise an der Entstehung dieser Arbeit mitgeholfen haben.

Lebenslauf

Am 20.5.1944 wurde ich, Sibylle Berger, geb. RÜth, als 3. Kind gemeinsam mit meiner Zwillingschwester Sabine als Tochter des Dipl.Ing. Wolfgang RÜth und von Frau Hilde Fritz, geb. Dietrich, verw. RÜth, in Dresden geboren.

1950 heiratete meine Mutter den Chefarzt der Radiologischen Klinik der Medizinischen Klinik "Carl-Gustav-Carus", den heutigen Prof.Dr.sc. Heinrich Fritz. 1950 - 1958 besuchte ich die Grundschule in Dresden. Die Reifeprüfung legte ich 1962 an der Martin-Andersen-Nexö - Oberschule in Dresden ab. Nach 1-jährigem Pflegepraktikum begann ich 1964 das Zahnmedizinstudium an der Martin-Luther-Universität Halle. Dort legte ich im Februar 1967 das Physikum ab. 1967 - 1969 studierte ich in Dresden an der Medizinischen Akademie Carl-Gustav-Carus. Im November 1969 bestand ich die medizinische Staatsprüfung und erhielt die Approbation als Zahnärztin. Am 1.1.1970 begann meine Tätigkeit als Zahnärztin in Dresden. Im November 1970 heiratete ich Dr.med. Manfred Berger und zog 1971 nach Berlin. Dort war ich bis 1973 als Zahnärztin in einer Staatlichen Zahnarztpraxis tätig. Am 27.5.1973 übersiedelte ich nach Berlin-West. Mit dem 1.11.1973 begann meine Tätigkeit als Assistentin bei Dr. Fickentscher in Marktrechwitz, wo ich seit 1977 als gleichberechtigte, niedergelassene Partnerin arbeite.

